

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA  
Institut environmentálního inženýrství

# Hydrochemie splaškových vod v kanalizační síti města Ostravy

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce: Barbora Lokajíčková  
Vedoucí práce: prof. Ing. Helena Raclavská CSc

2013

**VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA**  
**FACULTY OF MINING AND GEOLOGY**  
Institute of environmental engineering

# Hydrochemistry of municipal waste water in sewerage of the town Ostrava

BACHELOR THESIS

Author: Barbora Lokajíčková  
Supervisor: prof. Ing. Helena Raclavská CSc

2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Barbora Lokajíčková**  
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství  
Téma: **Hydrochemie splaškových vod v kanalizační síti města Ostravy**  
Hydrochemistry of municipal waste water in sewerage of the town  
Ostrava

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Základní charakteristika oblasti
  - Kanalizační síť a počet připojených obyvatel
  - Bodové zdroje znečištění
  - Klimatické podmínky – srážkový úhrn
2. Hydrochemické složení splaškových vod
  - Stopové prvky
  - Organické mikropolutanty
  - Základní hydrochemické ukazatele
3. Porovnání jakosti vod na odtoku z ČOV pomocí ukazatelů hlášených do IRZ
4. Stopové prvky ve vodách kanalizační sítě města Ostravy
5. Základní hydrochemické ukazatele ve vodách kanalizační sítě města Ostravy
6. Zhodnocení – srovnání s jinými městy
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Gasperi J. et al. (2008): Priority pollutants in wastewater and combined sewer overflow. Science of The Total Environment. V.407, č. 1, s. 263-272. ISSN 0048-9697.

Gasperi J., Zgheib S. (2011): Priority pollutants in urban stormwater: Part 2 - Case of combined sewers. Water Research. 2011,

Hlavínek P., Mičín J., Prax P. (2001): Příručka stokování a čištění. 1. vyd. Brno: NOEL 2000 s.r.o., 251 s. ISBN 80-86020-30-4.

Hlavínek P., Mířek J. (2011): Rozdíly v kvalitě a kvantitě odpadních vod podle způsobu odkanalizování a vliv těchto vod na ČOV. Infrastruktura, 2011, roč. 4, č. 3, s. 29-31. ISSN: 1803- 4241.

Hlušník P., Hlavínek P. (2010): Zkušenosti s hospodařením s dešťovými vodami v ČR. In Zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou 9. Zdravotno-technické stavby-Malé vodné diela- Krajina a voda. 1. Košice: Elsewa, 2010. s. 1-2. ISBN: 978-80-89385-11- 9.

Houhou J., Lartiges B. S., Montarges-Pelletier E., Sielichei J., Ghanbaja J., Kohler A. (2009): Sources,

nature, and fate of heavy metal-bearing particles in the sewer system. Science of The Total Environment. 407, č. 23, s. 6052- 6062.

Mířek R.; Hlavínek P., Rusník I. (2011): Hodnocení kvality a kvantity odpadních vod na výstupu z různých kanalizačních systémů. In Městské vody 2011. 1. Brno: ARDEC s.r.o., 2011. s. 235-238. ISBN: 978-80-86020-73-0.

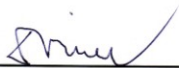
Pitter P. (2009): Hydrochemie, VŠCHT Praha.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013

  
prof. Ing. Vojtech Dimer, CSc.  
vedoucí institutu



  
prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.  
děkan fakulty

### Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. dubna 2013

  
.....  
Barbora Lokajíčková

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat své vedoucí, paní prof. Ing. Heleně Raclavské, CSc. za veškerou pomoc. Dále děkuji společnosti OVAK a.s. za možnost využití chemických rozborů odpadních vod z kanalizační sítě, které mi byly poskytnuty za rok 2012.

## **ANOTACE**

Téma mé bakalářské práce se zabývá výskytem kovů ve splaškových vodách na území města Ostravy. V práci jsou porovnány mediány koncentrací kovů ve 12 odběrových místech kanalizační sítě a přítoku na ÚČOV Ostrava (2 odběrové místa) s hodnotami, které jsou uvedeny v kanalizačním řádu města Ostravy. Provedla jsem statistické porovnání dat pro jednotlivá odběrová místa a vyhodnotila sběrače s nejvyšší kontaminací. Dále jsem srovnala hodnoty kovů, které jsou hlášeny jako úniky do povrchových vod z odtoků ČOV v rámci celé republiky (databáze IRZ za rok 2011).

### ***Klíčová slova:***

Splaškové vody, kanalizační řád, základní hydrochemické ukazatele, stopové prvky

## **ABSTRACT**

The goal of the thesis is to describe the metal occurrence in sewage water in the area of Ostrava. There are compared the middle values of metal concentration in twelve offtake places of sewage system and of the feed in ÚČOV Ostrava (two offtake places) with values which are staten in sewage rules of Ostrava. I made a statistic comparison of facts for each of offtake places and I evaluated places of the biggest contamination. I have also compared the metal values which are reported as a leak to overground water from the ČOV in general for all country (database IRZ for the year 2011)

### ***Keywords:***

*Sewage water, sewerage, basic hydrochemical indicators, trace elements*

## **Obsah**

<b>1. ÚVOD A CÍL PRÁCE .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA OSTRAVY .....</b>	<b>2</b>
2.1 Kanalizační síť a počet připojených obyvatel .....	3
2.2. Kanalizační řád .....	5
2.3 Čistírny odpadních vod na území města Ostravy .....	9
2.4 Bodové zdroje znečištění .....	10
2.5 Klimatické podmínky .....	11
<b>3. HYDROCHEMIE SPLAŠKOVÝCH ODPADNÍCH VOD .....</b>	<b>12</b>
3.1. Stopové prvky ve vodách .....	14
3.2. Organické mikropolutanty .....	17
<b>4. POROVNÁNÍ JAKOSTI VOD NA ODTOKU Z ČOV POMOCÍ UKAZATELŮ HLÁŠENÝCH DO IRZ .....</b>	<b>18</b>
<b>5. STOPOVÉ PRVKY V KANALIZAČNÍ SÍTI MĚSTA OSTRAVY .....</b>	<b>20</b>
<b>6. STOPOVÉ PRVKY VE VODÁCH KANALIZAČNÍ SÍTĚ MĚSTA OSTRAVY ....</b>	<b>42</b>
<b>7. ZHODNOCENÍ – SROVNÁNÍ S JINÝMI MĚSTY .....</b>	<b>44</b>
<b>8. ZÁVĚR .....</b>	<b>46</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY: .....</b>	<b>47</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ: .....</b>	<b>50</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK: .....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>52</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>53</b>



## Seznam zkratek

ČR	Česká republika
OVAK, a.s.	Ostravské vodárny a kanalizace, akciová společnost
BSK <sub>5</sub>	Biochemická spotřeba kyslíku
CHSK <sub>Cr</sub>	Chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným
NL	Nerozpuštěné látky
RL	Rozpuštěné látky
TOC	Celkový organický uhlík
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
PALA	Anioaktivní tenzidy
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
AOX	Halogenové organické sloučeniny
N <sub>celk</sub>	Celkový dusík
F <sub>celk</sub>	Celkový fosfor
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	Polychlorované bifenyly

## 1. Úvod a cíl práce

V dnešní době, kdy se koncentrace obyvatel ve velkých městech stále zvyšují, se logicky zvyšuje i znečištění vod a tím i obsah těžkých kovů ve vodách. Přípustné limity jsou stále přísnější, koncentrace stále vyšší. Proto bychom se měli tímto tématem mnohem víc zabírat.

V mé práci se zabývám kanalizační sítí města Ostravy, poukazuji na přípustné limity znečištění vod a srovnávám je s daty, která jsem zpracovala. Na podkladě dat, která mi poskytla firma Ostravské vodárny a kanalizace a.s. jsem vypracovala grafy a tabulky rizikových prvků, které se vyskytují na území města Ostravy. Vyhodnotila jsem, které rizikové prvky překračují limity znečištění, které jsou dány kanalizačním řádem města.

V této problematice je velice důležitým informátorem IRZ neboli integrovaný registr znečištění, do kterého čistírny odpadních vod hlásí veškeré úniky znečišťujících látek. Na základě informací IRZ jsem zjistila, v jakých koncentracích se vyskytují znečišťující látky v konkrétních ČOV na území České republiky. Nejvíce překročených limitů znečištění je hlášeno ve městě Brno. Je však zřejmé, že Ostrava, která je velmi zatížená velkou koncentrací těžkého průmyslu nemá taktéž valné výsledky.

## 2. Základní charakteristika Ostravy

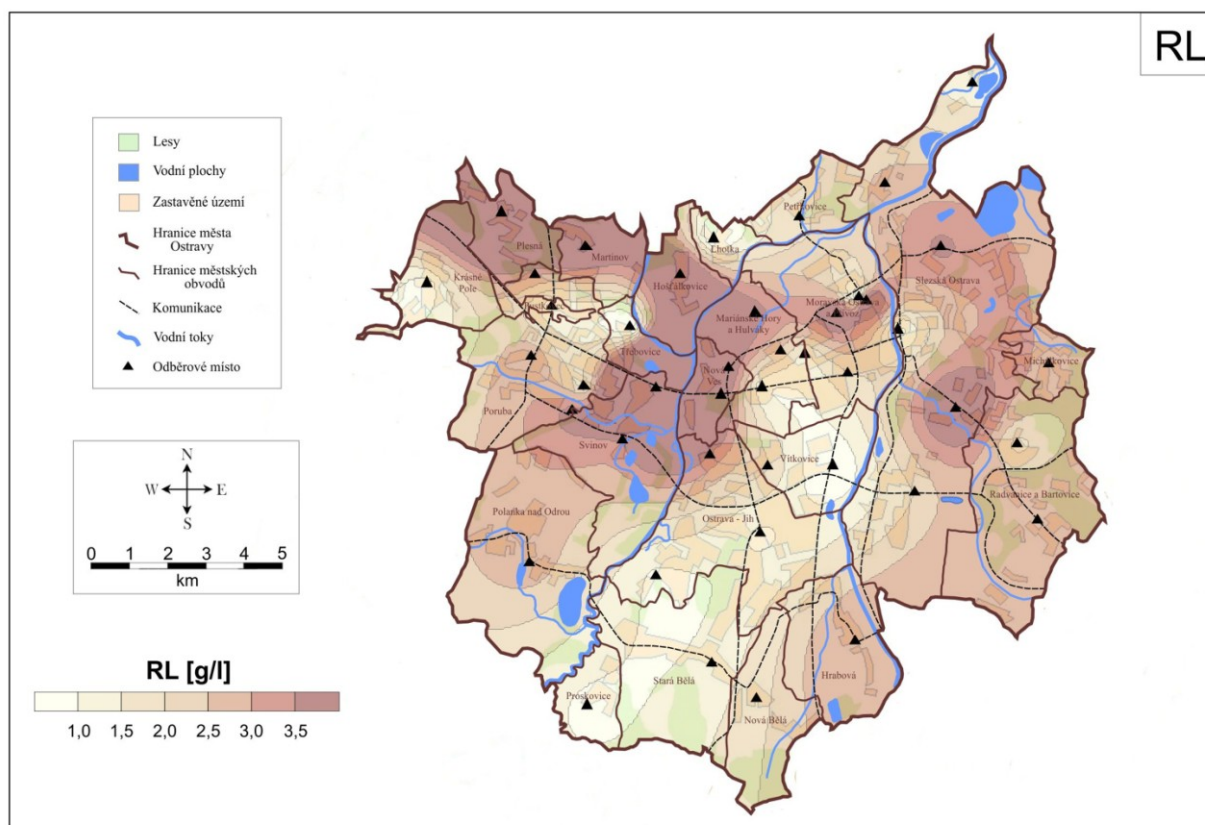
Město Ostrava je velmi významné město České republiky zejména kvůli svému průmyslu. Podle rozlohy i počtu obyvatel je Ostrava třetím největším městem naší republiky a také největším městem Moravskoslezského kraje. Bydlí zde přes 300 tisíc obyvatel. Ostrava se nachází ve velmi výhodné poloze z hlediska strategie. Není daleko od hlavního města Prahy, ani od hlavního města Rakouska Vídně, navíc nedaleko od Ostravy jsou hranice jak s Polskem, tak se Slovenskem.

Počátkem osídlení Ostravy bylo 13. století na soutoku Ostravice a Lučiny, kde se dnes nachází Slezskoostravský hrad, vedla zde obchodní cesta, která byla od pradávna využívána jako spoj mezi Baltským a Středozezemním mořem. Ostravou protékají dvě velmi významné řeky a to Odra a Opava. Hranici mezi Slezskem a Moravou tvoří řeky Odra a Ostravice. Již zmiňovaná řeka Opava se svými zelenými břehy tvoří přírodní rezervaci Štěpán, Martinský mokřad a přírodní památku Turkov. Do povodí Ostravy ale patří mnoho víc řek, říček, potoků a potůčků (Porubka, Černý potok, Polančice, Plesenský potok a Ščučí) [1]

Ostrava je také velmi ovlivněna průmyslem. V letech 1830 až 1880 se začaly objevovat velké zásoby černého uhlí na území města. Ostrava se náhle proměnila z malého městečka na průmyslové velkoměsto významné pro celou Evropu. Tento obrovský rozvoj těžkého průmyslu vedl k velké koncentraci pracovních sil, což vedlo i k velkému rozvoji ostravské aglomerace. Po druhé světové válce došlo k dalším zásadním změnám v Ostravě, vedle Vítkovických železáren vznikla i Nová huť, ta způsobila další výstavbu sídlišť. V roce 1945 se stala Ostrava ještě významnějším městem, dostala totiž status vysokoškolského města, když byla Vysoká škola Báňská přestěhována z Příbrami právě do Ostravy. Hlavním cílem však bylo udělat z Ostravy město uhlí a železa, proto bylo město často přezdíváno jako ocelové srdce republiky. Postupně však docházelo k útlumu těžby černého uhlí, historie těžby černého uhlí byla ukončena v roce 1994, 30. června v jámě Odra v Ostravě-Přívoze. V současné době jsou propojeny vysokokapacitní obytné a průmyslové zóny. [2]

Ostrava vždycky patřila k nejvíce postiženým oblastem České republiky v rámci životního prostředí. V posledních letech Český hydrometeorologický ústav měří nejvyšší hodnoty znečištění rakovinotvorným benzopyrenem. Také koncentrace prachových částic jsou nejvyšší v ostravsko-karvinském regionu. Imisní depozice může také velmi intenzivně ovlivňovat kvalitu odtoků při srážkách do kanalizační sítě. [1]

Na obr.č.1 je uvedena mapa odtoku rozpuštěných látek během „sněhové kalamitní situace“ 1. - 3.4. 2013, kterou vytvořili zaměstnanci Institutu geologického inženýrství VŠB-TU Ostrava.



**Obrázek 1: Mapa distribuce odtoku rozpuštěných látek během sněhové kalamity- duben 2013 (nepublikovaný výsledek Raclavská et al.)**

V oblasti odpadních vod je situace řešena částečným předčištěním průmyslových odpadních vod u producentů (Arcelor Mital Steel, a.s., BorsodChem atd.), případně přímým vypouštěním do kanalizační sítě (Evraz Vítkovice, Vítkovice Machinery) nebo do aktivace (Koksovna Svoboda) a řada menších výrobních organizací vypouští odpadní vody na základě povolení vodohospodářského orgánu a organizace OVAk, a.s. přímo do kanalizační sítě. Vzhledem k tomu, že se do kanalizační sítě dostávají odpadní vody z průmyslu ale i od občanů jsou označovány jako „vody městské“. Teprve v posledních letech se začala pracovat s informacemi, že počet připojených obyvatel na ČOV ovlivňuje koncentraci přítékajících organických mikropolutantů i těžkých kovů.

## 2.1 Kanalizační síť a počet připojených obyvatel

Odběrem vody neboli potřebou vody je bráno množství vyrobené vody a odebírané odběratelem neboli spotřebitelem z rozvodné sítě za určitou časovou jednotku. Výpočet potřeby vody se řídí přílohou č. 12 vyhlášky č. 428/2001 Sb. ve znění Vyhlášky č. 120/2011 Sb. Podle §29 odstavec 2. Tyto vyhlášky určují jak potřebu vody, tak i množství vypouštěné odpadní vody. Potřeba vody není konstantní veličinou, protože je závislá na čase, klimatických, hospodářských a místních podmínkách. Nerovnoměrná potřeba vody se projevuje v hodinovém kolísání, denním kolísání, měsíčním kolísání a ročním kolísání. [3]

V roce 2007 bylo obyvatelům Ostravy dodáno 18 719 000 m<sup>3</sup> pitné vody. Průměrná spotřeba pitné vody je 162 litrů na jednu osobu za jeden den. Domácnostem bylo celkem dodáno 12 606 000 m<sup>3</sup>, což mění spotřebu na jednoho obyvatele na 109 litrů na osobu za jeden den.

Odpadní vody, které se dostávají do kanalizace se dělí na dvě hlavní skupiny, a to odpadní vody splaškové a odpadní vody průmyslové. Splaškové vody neboli splašky jsou odpadní vody z domácností, závodů, firem, stravovacích zařízení, atd. Městské odpadní vody jsou směsí splašků, průmyslových odpadních vod a srážkových vod. Průmyslové odpadní vody jsou vody, které se použily a znečistily při nějakém výrobním procesu. Nesmíme taky zapomenout na vody balastní, které způsobují zatížení systému kanalizace nárazově např. při průtržích nebo při haváriích vodovodů, jiné pak mohou mít charakter stálého zatížení na kanalizaci např. netěsnosti vodovodní sítě. [5]

Společnost Ostravské vodárny a kanalizace (OVAK, a.s.) zajišťuje pro celou Ostravu odkanalizování včetně údržby a opravy veřejných kanalizací, jednotných, nebo splaškových, v některých místech dokonce i dešťových kanalizací. Na těchto kanalizacích jsou připojeny kanalizační přípojky, dále vedlejší kanalizační řady a celé areálové kanalizace.

Celkově kanalizační síť měří se vším všudy 923 km. Některé předčišťují odpadní vody ve více předčisticích zařízeních jako např. Hotel Imperial na ulici Tyršova, čerpací stanice PHM Slovnaft na Rudné ulici. Další subjekty předčišťují odpadní vody v lapači tuků, mezi ně patří např. Český dům Vítkovice na Výstavní ulici, restaurace Koruna na Mongolské ulici, nebo menza OU na Reální ulici. Další předčišťují vody v odlučovači ropných látek jako jsou PENNY market na ulici B. Nikodéma, Lázně Moravská Ostrava na Sokolské třídě a VŠB-TUO na ulici 17. listopadu. Některé subjekty vypouštějí zvláště nebezpečné látky, např. poliklinika Hrabůvka na ulici Dr. Martínka, Domov důchodců Korýtko na ulici Petruškova nebo ZS Vítkovice STEEL na Štramberské ulici. [6]

**Tabulka 1: Informace o kanalizační síti OVAK, a.s. [1]**

Délka kanalizační sítě	728 km
Délka kanalizačních přípojek	195 km
Počet kanalizačních přípojek	19 281 Ks
Počet čerpacích stanic	19 Ks
Počet čistíren odpadních vod	4 Ks
Počet obyvatel napojených na kanalizaci	279 046
Z toho s čistírnami odpadních vod	253 070

Skoro celá část kanalizace, určená pro veřejnou potřebu je jednotná. S výstavbou oddílné kanalizace se začalo u některých nově vystavěných sídlišť. Na území Ostravy bylo vybudováno několik kanalizačních systémů, které čistí odpadní vody na čistírně odpadních vod nebo s odvodem odpadních vod přímo do recipientu, vybudování bylo nutné z hlediska odkanalizování. Některé okrajové i vnitřní části Ostravy byly vyřešeny jako bezodtokové oblasti s vlastními žumpami. „V rámci

*asanace staré zástavby vnitřní části města dochází k postupnému rušení žumpového systému. Ostravské vodárny a kanalizace má dále ve správě kanalizace v obvodech Michálkovice, Radvanice, Bártovice, Koblův a Krásné pole.* " [7]

Složení městských odpadních vod je ovlivněno také hydrochemickým charakterem pitné vody. Upravená podzemní voda se využívá pro zásobování 30 – 35 % obyvatel. Z těchto zdrojů je zásobována centrální část Ostravy, Přívoz a Slezská Ostrava (sběrače: Novoveská, Novinařská, Cihelní, Sokolská, Myslbekova, Bohuminská a Svinov). Pro ostatní zásobování se využívá upravená povrchová voda z přehradních nádrží Kružberk (Jeseníky) a Šance (Beskydy). Upravená podzemní voda má vyšší obsah vápníku (57.20 – 84.60 mg/l) a hořčíku (8.53 – 12.40 mg/l) než voda z přehradních nádrží, kde se obsah vápníku pohybuje v rozmezí od 22.08 do 30.5 mg/l a hořčíku od 3.96 do 6.72 mg/l. Obsahy ostatních sledovaných kovů v pitné vodě jsou pod mezí detekce u Cd (< 0.029 µg/l), Pb (< 0.65 µg/l), Cr (0.2 µg/l), Ni (1.2 µg/l), Cu (1.9 µg/l) a Fe (110 µg/l).

## **2.2. Kanalizační řád**

Účelem kanalizačního řádu je stanovení podmínek, za nichž se producentům odpadních vod (odběratelům) povoluje vypouštět do kanalizace odpadní vody z určeného místa, v určitém množství a v určité koncentraci znečištění v souladu s vodohospodářskými právními normami a to tak, aby byly plněny podmínky vodoprávního povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových.

Kanalizační řády jsou zpracovány pro všechny typy kanalizace a vytvářejí právní normy a právní podstatu pro užívání veřejné kanalizační sítě jednotlivých městech a obcích. Hlavním úkolem kanalizačního řádu je umožnění co nejvyšší hospodárnosti při odvádění odpadních vod všem uživatelům veřejné kanalizace a producentům odpadních vod.

Při tom se musí dodržovat tyto zásady:

- Musí být plněna rozhodnutí vodoprávního úřadu
- Nesmí docházet k porušení materiálu stokové sítě a objektů
- Musí být zaručeno čištění odpadních vod v čistírně odpadních vod bez poruch, musí být dosaženo vhodné kvality kalu
- Musí být přesně a jednoznačně určené oblasti napojení vnitřní areálové kanalizace významných producentů průmyslových odpadních vod do kanalizace pro veřejnou potřebu
- Odpadní vody musí být odváděny plynule, hospodárně a bezpečně
- Musí být zaručena bezpečnost zaměstnancům, kteří pracují v prostorech stokové sítě

Kanalizační řád určuje nejvyšší přípustné znečištění odpadních vod a taky množství vypuštěných vod do veřejné kanalizace. Dále definuje látky, které nejsou odpadními vodami a kterým musí být zabráněno vniknutí do veřejných stok. Tyto podmínky se určují podle kapacitních možností dané kanalizační sítě a čistírny odpadních vod. [8]

Látky, které nepatří mezi odpadní vody a musí se zabránit jejich vniknutí do kanalizace:

- Radioaktivní látky, infekční látky a jiné látky, které mohou ohrožovat zdraví člověka, nebo bezpečnost provozovatelů kanalizační sítě, vody nesmí mít ani silný zápach
- Materiál, který může narušovat stokové sítě, nebo čistírny odpadních vod
- Látky, které mohou způsobovat provozní závady, nebo různé poruchy v průtoku stokové sítě např. sedimentující látky
- Hořlavé, výbušné, nebo látky, které spolu se vzduchem, nebo vodou mohou být výbušné, hořlavé, nebo mohou tvořit dusivé nebo otravné směsi
- Nezávadné látky, které však s vodou, nebo jinými látkami mohou vytvářet jedovaté látky
- Pesticidy, jedy, omamné látky a žíraviny
- Látky, které jsou životu škodlivé nebo toxické a mohou narušovat čištění odpadních vod
- Vody, které zvyšují nároky na provoz čistíren odpadních vod nadměrným ředěním odpadních vod
- Štávy ze siláží, průmyslová a statková hnojiva, komposty
- Látky, které nesmí vniknout do kanalizace na základě zákona (příloha č. 1 zákon 254/2001 Sb.) Ten, kdo vypouští do kanalizací odpadní vody, které obsahují zvláště nebezpečné látky, může takhle učinit jens řádným
- povolením vodoprávního úřadu, za podmínek, které stanoví vodoprávní úřad [7]

**Tabulka 2: Přípustné limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace pro veřejnou potřebu Ostrava [2]**

Ukazatel znečištění	Jednotka	Přípustná míra znečištění s vyústěním do toku	Přípustná míra znečištění s vyústěním na ČOV
BSK5	mg/l	50	1600
CHSKCR	mg/l	120	1200
NL	mg/l	45	700
RL	mg/l	1000	1000
pH		6-9	6,9
extrahov.látky	mg/l	10	160
PAL A	mg/l	1	10
NEL	mg/l	0,2	10
toxické kyanidy	mg/l	0,1	0,1
chloridové ionty	mg/l	350	350
rtuť	mg/l	0,005	0,04
měď	mg/l	0,1	0,5
nikl	mg/l	0,1	0,1
chrom /veškerý/	mg/l	0,2	0,3
chrom /CrVI/	mg/l	0,05	0,1
olovo	mg/l	0,1	0,1
arsen	mg/l	0,1	0,15
zinek	mg/l	0,2	2
kadmium	mg/l	0,005	0,1
chlorované uhlovodíky	mg/l	0,005	0,005
teplota odp.vody	°C	40	40
sulfan a sulfidy	mg/l	0,02	
veškeré železo	mg/l	2	
veškerý mangan	mg/l	0,5	
amoniakální dusík	mg/l	2,5	45
volný amoniak	mg/l	0,5	
Ncelk	mg/l	15	60
veškerý fosfor	mg/l	5	10
sírany	mg/l	300	300
vápník	mg/l	300	
hořčík	mg/l	200	
kobalt	mg/l	0,1	
vanad	mg/l	0,1	
PAU	µg/l	10	110
PCB	µg/l	0,01	10,1



**Tabulka 3: Příпустné limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace pro veřejnou potřebu Přerov [2]**

Ukazatel znečištění	Jednotka	Průměr	Maximum
pH	-	6,9	5,5 -9,5
Teplota vody	°C		40
BSK <sub>5</sub>	mg/l	800	1200
CHSKCr	mg/l	1 600	2400
Nerozpuštěné látky (NL)	mg/l	600	900
Rozpuštěné anorganické soli (RAS)	mg/l	1 800	2700
Dusík amoniakální (N-NH <sub>4</sub> )	mg/l	45	70
Dusík celkový (N <sub>celk</sub> )	mg/l	100	200
Fosfor celkový (P <sub>celk</sub> )	mg/l	15	20
Kyanidy celkové (C <sub>celk</sub> )	mg/l	0,2	0,3
Extrahovatelné látky EL	mg/l	80	120
Tenzidy anioaktivní (PAL-A)	mg/l	10	15
Rtuť	mg/l	0,002	0,005
Měď	mg/l	0,3	0,5
Nikl	mg/l	0,3	0,5
Chrom celkový (Cr <sub>celk</sub> )	mg/l	0,3	0,5
Olovo	mg/l	0,1	0,2
Arsen	mg/l	0,1	0,2
Zinek	mg/l	2	4
Kadmium	mg/l	0,01	0,05
Hořčík	mg/l	500	700
Vápník	mg/l	400	600
Mangan	mg/l	2	5
Železo	mg/l	100	200
Hliník	mg/l	50	100
Chlorované uhlovodíky (jednotlivě)	mg/l	0,01	0,02

**Tabulka 4: Přípustné limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace pro veřejnou potřebu Brno [2]**

		Limitní hodnota celkového znečištění	
Ukazatel znečištění	Jednotka	Splaškové vody	Povrchové vody
BSK5	mg/l	450	750
CHSK	mg/l	900	1800
Nerozpuštěné látky	mg/l	400	600
Rozpuštěné látky	mg/l	800	1600
Amoniakální dusík(N-NH <sub>4</sub> )	mg/l	75	100
Celkový dusík (N <sub>celk</sub> )	mg/l	90	120
Veškerý fosfor (P <sub>c</sub> )	mg/l	15	30
Extrahovatelné látky (EL)	mg/l	100	150
Uhlovodíky C10 - C40	mg/l	10	15
Nepolární extrahovatelné látky	mg/l	10	15
Chloridové ionty (Cl)	mg/l	200	400
Síranové ionty (SO <sub>4</sub> )	mg/l	100	200
Kyanidové ionty (HCN)	mg/l	0,1	0,2
pH		6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
Teplota vody	°C	40	40
Rtuť (Hg)	mg/l	0,05	0,1
Měď (Cu)	mg/l	0,05	0,1
Nikl (Ni)	mg/l	0,05	0,1
Veškerý chrom (Cr <sub>c</sub> )	mg/l	0,025	0,05
Olovo (Pb)	mg/l	0,025	0,05
Zinek (Zn)	mg/l	1,0	2,0
Kadmium (Cd)	mg/l	0,002	0,004
Stříbro (Ag)	mg/l	0,025	0,05

## 2.3 Čistírny odpadních vod na území města Ostravy

Společnost Ostravské vodárny a kanalizace a.s. provozuje 4 čistírny odpadních vod. 98.86 % odpadních vod se čistí na Ústřední čistírně odpadních vod [9].

*„Koncepce čištění je založena na mechanicko-biologickém čištění splaškových a průmyslových vod na principu nízkozatížené aktivace s nitrifikací a předřazenou denitrifikací, s odvodňováním anaerobně stabilizovaného kalu na odstředivkách a s automatizovaným systémem řízení technologických procesů.“*

Při provozování čistíren odpadních vod bylo v roce 2011 vyprodukováno 24 381 m<sup>3</sup> odvodněného kalu a vyrobeno 3,5 mil. m<sup>3</sup> bioplynu, ze kterého bylo vyrobeno 3,6 mil. KWh elektrické energie, jež byla dodána do distribuční rozvodné sítě. V čistírně odpadních vod bylo zpracováno navíc 503 tis. m<sup>3</sup> koncentrovaných odpadních vod z koksárenského a teplárenského průmyslu a 179 tis. m<sup>3</sup> jiných koncentrovaných odpadních vod. Odvodněný a hygienizovaný kal byl odebírán

dodavatelskou firmou a následně byl využíván pro výrobu substrátu na rekultivace důlních území. [7]

## **2.4 Bodové zdroje znečištění**

Bodové zdroje znečištění jsou nejdůležitější složkou v procesu znečištění povrchových vod kontaminujícími látkami. Jedná se o místa, kde se vypouštějí znečišťující látky přímo do vodních toků a nádrží. Jde o vyústí odpadních vod z průmyslových podniků a firem, ale taky měst a obcí, a to v podobě zaústění kanalizačních stok, tak odpadů z čistíren odpadních vod. [5]

Vývoj množství vypouštěného znečištění z bodových zdrojů do povrchových vod se hodnotí pěti základními ukazateli, kde patří BSK<sub>5</sub>, CHSKCr, nerozpuštěné látky, anorganické nutriety a celkový fosfor.

### **Zvlášť nebezpečné látky**

Většina chemických látek, které vznikají při průmyslové výrobě jsou charakteristické svými nebezpečnými vlastnostmi. Tyto látky mohou být nejen toxické, mutagenní nebo karcinogenní, ale díky své perzistenci a své bioakumulaci se dlouho i několik desítek let drží v přírodě, následně se hromadí v potravních řetězcích. Látky navíc mohou cestovat na obrovské vzdálenosti a ohrožovat tak i životní prostředí a lidské zdraví daleko od místa jejich původu. Tyto látky se velice špatně drží pod kontrolou, protože unikají již během výrobního procesu, uvolňují se z výrobku, nebo se přímo vypouštějí do přírody, kde se nejčastěji dostanou do vodního prostředí. Jakmile se tyto látky dostanou do prostředí, jejich zneškodnění je velmi složité a taky nákladné. Nejvíce nevyčíslitelné jsou však škody na našem zdraví a životním prostředím způsobené dlouholetým působením těchto látek.

Evropská unie již určila ty nejvíce nebezpečné látky (REACH), které by měly státy EU zcela eliminovat do dvaceti let. V předchozích dvaceti letech se podařilo snížit vypouštěné množství jak nebezpečných látek, tak zvlášť nebezpečných závadných látek. Bohužel ani čistírny, ani žádná jiná technologie neumí tento velký problém zcela vyřešit. Většinou se tento problém převádí na jinou složku životního prostředí, nebo ho odloží do budoucnosti. Jediným skutečným řešením je náhrada těchto nebezpečných látek bezpečnými látkami. [10]

## 2.5 Klimatické podmínky

Město leží na 49° 50' 31'' severní šířky a 18° 17' 34'' východní délky v Ostravské pánvi, její západní část ležící na levém břehu řeky Odry však spadá do Vítkovické vrchoviny. Nejnižší bod tohoto města se nachází v povodí Odry v severovýchodním výběžku Antošovic, nadmořská výška je zde 208 m. n. m.

Ostrava patří do mírně teplé klimatické oblasti, dle Quitta MT10 [2], má však své zvláštnosti, které jsou způsobeny hlavně vysokou koncentrací průmyslu, velkou zástavbou a specifickými podmínkami Ostravské pánve v tomto městě. Průměrná roční teplota zde činí 8,6 °C a průměrná roční úhrn srážek je zde 568,3 mm. [1]

**Tabulka 5: Mírně teplá oblast MT10 [5]**

MÍRNĚ TEPLÁ OBLAST MT10	
Průměrný počet dnů se srážkami 1mm a více:	100-120
Srážkový úhrn ve vegetačním období v mm:	400-450
Srážkový úhrn v zimním období v mm:	200-250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou:	50-60

### Úhrn srážek

Úhrn srážek je celkový objem spadlých srážek měřený na určitém místě v určitém čase. Srážky, které dopadnou na povrch země, jsou zadrženy na povrchu vegetací a půdou a následně se vsakují do půdy, nebo se mohou vypařit zpátky do ovzduší. Když je intenzita deště větší, než intenzita vsaku, nebo při oblevě, stéká voda nejdříve v souvislé vrstvě jako plošný odtok neboli ron, poté se dělí erozními kanálky do stružek a jimi odtéká do bystřin, potůčků a řek, které se spolu podílejí na vzniku hydrografické sítě. Tento proces odtoku se nazývá soustředěný povrchový odtok. [11]

Srážky jsou také velmi důležitým faktorem pro řešení stokových sítí. Rozhodující jsou krátkodobé místní přívalové srážky, které jsou charakteristické velkou intenzitou, malou povrchovou rozlohou a krátkou dobou trvání. Nejvíce se tyto přívalové deště vyskytují v letních měsících, dokonce více jako 90 % těchto srážek. Intenzita srážek se v jejich průběhu mění. Pro stokování je nutné mít náhradní řady dešťů se stálou intenzitou.

Kvalita srážkových vod, mezi které řadíme déšť nebo tající sníh je velmi proměnlivá a závisí na mnoha okolnostech. Znečišťující látky na povrchu cest jsou splachovány dešťovou vodou především s jejím prvním podílem, který je většinou velmi silně znečištěn především po delším období bez deště. Koncentrace tohoto znečištění ve srážkových vodách je podobná jako u splaškových vod. Další podíly srážkových vod jsou podstatně méně znečištěny, než podíl první. V zimním období se dostává s dešťovými vodami z tajícího sněhu velké množství posypové soli ze sypaných komunikací, což spěje k velkému nárůstu koncentrace chloridů i

více než na dvojnásobek. Všeobecně lze říci, že dešťové vody v průměru odpadní vody zředí, v některých případech dokonce podstatně. [12]

Složení srážkových vod tvoří široké spektrum jak organických, tak anorganických látek. Mezi organické látky srážkových vod řadíme ropné látky, chlorované uhlovodíky, PCB, PAU, dioxiny, pesticidy, atd. Mezi látky anorganické řadíme těžké kovy, anionty silných minerálních kyselin ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ), sloučeniny dusíku, fosforu, atd. [12]

Hlavním zdrojem chemického znečištění jsou rozpuštěné látky v atmosférických srážkách. Primární polutanty vstupují do ovzduší přímo, např. oxid uhličitý nebo siřičitý při spalování fosilních paliv. Sekundární polutanty vznikají reakcí primárních polutantů např. kumulativním působením oxidů dusíku, UV záření nebo těkavých organických látek při vzniku troposférického ozónu. [13]

### 3. Hydrochemie splaškových odpadních vod

Látky, které jsou obsaženy ve splaškových vodách mají původ buď v pitné vodě, v metabolických produktech (exkrementy) nebo v produktech lidské činnosti v domácnostech. V pitné vodě se převážně vyskytují anorganické látky, hlavně soli např.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$ , které patří mezi kationty a  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , které patří mezi anionty. Tyto látky s výjimkou  $\text{NO}_3^-$  mají většinou v městských odpadních vodách zvýšenou koncentraci. Velký význam na znečištění těchto vod mají lidské exkrementy. [12]

**Tabulka 6: Hydrochemické složení splaškových vod [6]**

	organické	anorganické	celkové	BSK5	N	P
ČSN 75 6401						
nerozpuštěné látky	40	15	55	30	1	0,2
rozpuštěné látky	50	75	125	30	10	2,3
látky celkem	90	90	180	60	11	2,5
produkty metabolismu						
látky celkem	80	30	110	-	10	1,6

Složení městských odpadních vod je ovlivněno:

- Obsahem těžkých kovů ve vodě pitné
- Srážkovou činností v návaznosti na aktivitu difuzních zdrojů
- Dopravní zátěž komunikace včetně aplikace inertních posypů
- Vypouštění průmyslovými vodami
- Splaškovými vodami
- Difuzními zdroji znečištění

Městské odpadní vody tvoří směs vod splaškových, průmyslových, balastních a srážkových. Jejich poměr není vždy stejný, a proto existuje i velká variabilita ve hydrochemickém složení městských odpadních vod. Vlivem některých

průmyslových znečištění dochází někdy například k velkému zvýšení koncentrace některých látek, opakem tohoto jsou balastní vody, které městské odpadní vody někdy silně ředí, nebo naopak difuzní zdroje znečištění mohou zvyšovat koncentraci některých prvků (například Zn uvolňované ze zástavby – pozinkované plechy). Pro posuzování kvality vody městské odpadní vody je nejdůležitějším parametrem BKS<sub>5</sub>. Průměrně se BKS<sub>5</sub> v městských odpadních vodách pohybuje od 150 až do 400 mg l<sup>-1</sup>. Koncentrace CHSK<sub>Cr</sub> jsou v těchto vodách až dvojnásobné.

Součástí splaškových vod jsou šedé vody. Za šedé vody jsou považovány vody, které neobsahují žádnou moč, ani fekálie (EN 12056). Šedá voda může také obsahovat lidské patogeny, a v závislosti na zdroji může obsahovat vysoké koncentrace sodíku, fosforu a dalších rozpuštěných látek, hliníku, biologicky rozložitelné organické látky a dusík. Tyto vody pocházejí z umývár, ze sprch, van, kuchyňských dřezů, apod. [15]

Podle zatížení se tyto vody mohou dělit na vhodnou a podmíněně použitelnou vodu pro recyklaci. Mezi použitelnou vodu řadíme vody z umyvadel, van a sprch a mezi podmíněně použitelnou patří vody z kuchyně např. z dřezů a myček na nádobí. Čistírny určené pro šedé vody využívají aerobní biologické procesy s membránovou technologií, která zachycuje většinu virů a bakterií. Voda, která je takto vyčištěná lze svou kvalitou srovnat s vodou dešťovou a je používána zejména jako voda provozní. [9] Teplota těchto šedých vod, které se odvádí z praček se pohybuje mezi 28 až 32 °C, z van, sprch a umyvadel se teplota pohybuje od 18 do 38 °C. Čím vyšší je teplota šedých vod, tím více dochází k rozvoji mikroorganismů. U vod z praní se pH pohybuje od 9,3 až po 10, z koupelen a kuchyní je pH u šedých vod 5 až 8,6. U neseparovaných šedých vod se hodnota pH pohybuje v podobném rozmezí. Když jde o barvu a zákal šedých vod, jsou tyto hodnoty vyšší u vod z koupelen než u šedých vod z praček. Naopak u šedých vod z praček bylo objeveno větší množství plovoucích látek (např. různá vlákna z oblečení), než u vod z umyvadel, sprch a van (např. vlasy). Nejvyšší množství plovoucích látek však mají vody z myček a kuchyní (zbytky jídla). [16]

### Původ znečišťujících látek

Z hlediska vazby rizikových prvků představují významnou mineralizaci v odpadních vodách a v sedimentech potrubí sulfidy (pyrit, výjimečně sfalerit), které byly prokázány mikroanalýzou. Také Houhou J. et al. (2005) popisuje přítomnost vznikajících sulfidů v kanalizaci během suchého období. Houhou J. et al. (2005) identifikoval také v nerozpuštěných látkách a sedimentech částice oxidů, hydroxidů železa a manganu, které obsahovaly Cu, Zn, V a Cd. Ve vzorcích bylo indikováno velmi malé množství kovových částic, které obvykle dokumentují vliv dopravy. Jejich vyšší výskyt se předpokládá v období vydatnějších srážek. Dále byly mikroanalýzou identifikovány novotvořené fosfáty: analit -  $\text{Ca}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . [17]

Splaškové vody mají většinou šedou až šedohnědou barvu a jsou silně zakaleny. Teplota ve splaškových vodách je v našich klimatických podmínkách 5 °C až 20 °C podle ročního období a pH se pohybuje v rozmezí od 6,8 do 7,5.

Největší podíl znečišťujících látek ve splaškových odpadních vodách mají moč a fekálie. Až 80 % organických látek ve splašcích pochází právě z moče a fekálií. [4]

**Tabulka 7: Množství látek ve splaškových vodách produkované obyvatelem za den [7]**

Látka	Na	K	Cl	P	S	močovina
g/obyv.den	5	2	9	1,2	2,7	20 - 30

**Tabulka 8: Množství látek produkované jedním obyvatelem za den a odpovídající hodnoty BSK<sub>5</sub> jako ukazatele znečištění [8]**

Látky	Anorganické	Organické	Veškeré	BSK <sub>5</sub>
Nerozpuštěné	15 g	40 g	55 g	30 g
Usaditelné	10g	30 g	40 g	20 g
Neusaditelné	5 g	10 g	15 g	10 g
Rozpuštěné	75 g	50 g	125 g	30 g
Veškeré	90 g	90 g	180 g	60 g

### Stanovení organických látek v odpadních splaškových vodách

Odpadní vody většinou obsahují širokou škálu směsi organických látek. Jejich kvantitativní i kvalitativní zjišťování je však velmi nákladné a zdlouhavé, a proto se neprovádí. Stanovení se provádí jen ve zvláštních případech a to u látek jako jsou fenoly, těkavé masné kyseliny, anionaktivní tenzidy, atd. Obvykle se stanovuje skupina příbuzných látek za pomoci jednoho standardu, proto se tato stanovení řadí mezi skupinové stanovení. Dále mezi skupinové stanovení řadíme i metody, kterými se stanovuje celkový počet všech organických látek za pomoci kyslíku spotřebovaného na jejich oxidaci. Metody, které používají chemické oxidace se nazývají chemické spotřeby kyslíku (CHSK) a metoda spotřeby kyslíku (BSK). Tyto dvě metody se uplatnily ve všech zemích světa a jejich vývoj by měl být do budoucna mezinárodně sjednocen. Další metoda, která se používá ke stanovení obsahu všech organických látek je stanovení organického uhlíku (C<sub>org</sub>), jehož vývoj je závislý vývoji analyzátorové techniky. [4]

### 3.1. Stopové prvky ve vodách

#### Chrom

Chrom se využívá v ocelářství k výrobě slitin, nebo ke galvanickému pokovování. Chromany se používají jako barviva tkanin, k moření a leptání kovů, vyčišťování kůží v kožedělném průmyslu a k výrobě organických barviv. Chrom je velmi toxický pro vodní organismy. Tento prvek má také negativní účinky na lidské zdraví. Dlouhodobé působení Cr může vyvolat tvorbu vředů a nádorů nosní dutiny plic a zažívacího traktu. Má leptavý účinek na kůži a sliznice. [25]

## Arsen

Arsen a jeho sloučeniny jsou velice toxické pro vodní organismy, mohou vyvolat dlouhodobé nepříznivé podmínky ve vodním prostředí. As je používán k výrobě pesticidů např. herbicidů, insekticidů, které se následně dostávají do vod. Dalším jeho využitím jsou slitiny s olovem. Tento prvek se často vyskytuje v oblastech s metalurgickým průmyslem. V přírodě se vyskytuje ve formě sulfidů, v malém množství je obsahem téměř všech rud. Mezi největší antropogenní zdroje arsenu patří nadměrné používání pesticidů, spalování fosilních paliv, metalurgický průmysl a prostředky na konzervaci dřeva.

[18]

## Železo

Železo ve vodách se vyskytuje ve formě rozpuštěné a nerozpuštěné (oxidohydroxidy železa). Forma výskytu závisí hlavně na pH, oxidačně-redukčním potenciálu a komplexotvorných látkách. Železo je šedobílý, lesklý, středně tvrdý kov. Nejrozšířenější železnou rudou je pyrit  $\text{FeS}_2$ . Hlavním zdrojem železa je metalurgický a hutnický průmysl. Vyčerpané pracovní lázně a znečištěné oplachové vody ze zbytku železa a jiných těžkých kovů jsou tekutým odpadem z galvanoven. Hlavním způsobem zpracování tohoto druhu vod je neutralizace a dočišťování na chemických čistírnách odpadních vod.

Při zvýšené koncentraci železa v lidském těle se může vyskytnout pálení žáhy, bolesti břicha, zvracení, nechutenství, střevní potíže, nebo zácpa. [19] [20]

## Zinek

Mezi rozpuštěné formy výskytu zinku ve vodách řadíme jednoduchý ion  $\text{Zn}^{2+}$ , hydrokomplexy  $[\text{ZnOH}]^+$ ,  $[\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{Zn}(\text{OH})_3]^{2-}$ ,  $[\text{ZnCO}_3(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{Zn}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ ,  $[\text{ZnHCO}_3]^+$  a ve vodách, kde se síran vyskytuje ve velkých koncentracích také sulfatokomplex  $[\text{ZnSO}_4]^0$ . Dále se ve vodách vyskytují chlorokomplexy a fosfatokomplexy, např.  $[\text{ZnHPO}_4]^0$ . [4] Zn se do splaškových vod dostává při srážkové činnosti jeho uvolněním ze stavebních materiálů. Koncentrace Zn ve srážkových vodách je obvykle 10 x vyšší než koncentrace Zn v odtoku z dopravních komunikací (Gnecco et al. 2005). Hlavním zdrojem Zn ve splaškových vodách jsou domácí čistící prostředky, prací prášky a kosmetické produkty (zubní pasty, šampony, deodorandy) (Sörme a Lagerkvist, 2002). [21] [22]

Používá se jako ochranný materiál především pro železo a jeho slitiny, protože je antikorozní. Dále se z něj vyrábí části motorových karburátorů, kovové ozdoby, nebo okenní kliky. Oxid zinku se používá jako netoxický bílý pigment při výrobě barviv. Dalším zdrojem jsou vody z moření mosazi nebo ze zpracování tuků. Zdrojem zinku ve vodě mohou být také nádoby ze zinku např. vědra, plechy nebo okapy, se kterými voda přichází do styku. Do vod se tento prvek dostává atmosférickou depozicí.

Je velmi toxický pro všechny ryby a jiné vodní organismy. Nejvíce citlivé na zinek jsou lososovité ryby. Zinek je potřebný pro lidské tělo pro správné fungování řady



enzymatických systémů. Přílišná koncentrace zinku může způsobit bolesti žaludku, křeče, zvracení a střevní potíže. [23]

## Měď

Měď patří mezi kovy, které se snadno komplexují, proto jsou její formy výskytu velice rozmanité v závislosti na složení. Z rozpuštěných forem zinku jsou to kromě jednoduchého iontu  $\text{Cu}^{2+}$  hlavně hydroxokomplexy  $[\text{CuOH}]^+$ ,  $[\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{Cu}(\text{OH})_3]^-$ ,  $[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$  a taky uhličitanové komplexy  $[\text{CuCO}_3(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{Cu}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ ,  $[\text{Cu}(\text{CO}_3)\text{OH}]^-$  a  $[\text{Cu}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2]^{2-}$ . Někdy se taky může vytvořit hydrogenuhličitanový komplex  $[\text{CuHCO}_3]^+$ . Ve vodách se vyskytují huminové látky, kde patří fulvokyseliny a huminové kyseliny. Zdrojem mědi ve splaškových vodách mohou být vody, které odtékají z měděných střeš a okapů. [4]

Přítomnost malachitu  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$  jako produktu koroze stavebních materiálů, které se srážkovými vodami dostávají do kanalizace popisuje Wallinder et al., Sundberg and Jonsson. Do vod se tento kov může dostat atmosférickou depozicí. Antropogenním zdrojem mědi ve vodách jsou odpadní vody z povrchové úpravy kovů. Pro vodní živočichy je měď esenciálním prvkem, ve větších koncentracích je však značně toxická. Vysoká koncentrace mědi může způsobovat u člověka žaludeční a střevní potíže, poškození jater a ledvin. [21], [24]

## Nikl

Asi 65 % niklu se spotřebovává na výrobu nerez oceli. Nikl může být obsažen v dešťové vodě. Toxicita tohoto kovu je pro některé vodní organismy hodně vysoká, proto je jeho koncentrace ve vodárenských tocích limitovaná mnohem přísněji, než u vody pitné. Na lidské zdraví má nikl velmi vysoké negativní účinky. Je karcinogenní (rakovina plic, nebo nosní přepážky). Otrava tímto kovem může způsobit poškození zažívacího traktu, cév, ledvin, srdce, nebo centrální nervové soustavy. [25]

## Olovo

V přírodních vodách se olovo převážně vyskytuje v rozpuštěných formách v závislosti na hodnotě pH a koncentraci celkového oxidu uhličitého hlavně jednoduchý ion  $\text{Pb}^{2+}$  v kyselých oblastech, nebo karbonatokomplex  $[\text{PbCO}_3(\text{aq})]$  v neutrálních, nebo slabě alkalických oblastech. Olovo je velmi toxický pro zooplankton a zoobentos. U ryb dochází k poškození žáber, následně k úhynu. Olovo u člověka má negativní dopady na zdraví člověka. Poškozuje ledviny, játra i nervový systém. Při velké koncentraci olova v těle může dojít k oslepnutí, poškození mozku, či smrti. [26]

## Kadmium

Kadmium se ve vodách vyskytuje ve formě jednoduchého ionu, kde patří hydroxokomplexy, karbonatokomplexy, nebo sulfatokomplex  $[\text{CdSO}_4(\text{aq})]^0$ . Z organických komplexů se ve vodách vyskytují nejvíce komplexy s huminovými látkami. Za určitých podmínek se také může vyskytovat jednoduchý kation  $\text{Cd}^{2+}$ .

Do vod se kadmium dostává převážně z galvanického pokovování a z výroby Ni-Cd baterií. Kadmium je velmi toxické pro vodní organismy, nejvíce pro lososovité ryby. Také zvýrazňuje toxicitu jiných kovů, např. zinku a mědi. Negativně ovlivňuje samočištění vody. Pro člověka je rovněž toxické. Může způsobit poškození ledvin, způsobit rakovinu plic a prostaty. Je velmi nebezpečný pro těhotné ženy, protože je teratogenní. [27]

## Mangan

Mezi antropogenní zdroje manganu patří průmyslové odpadní vody např. z metalurgických nebo chemických závodů. Koncentrace rozpuštěného kovu ve vodách v anoxických podmínkách je limitována rozpustností uhličitanu hydroxidu nebo sulfidu. [28]

Přebytek manganu má negativní vliv především na nervovou soustavu a může dokonce způsobit Parkinsonovu chorobu. Dále může tento prvek způsobit zánět plic. [29]

## 3.2.Organické mikropolutanty

Organické polutanty jsou chemické látky, které přetrvávají v životním prostředí, pomocí bioakumulace se dostávají do potravního řetězce a představují riziko, které způsobí nežádoucí účinky na lidské zdraví a životní prostředí. S důkazy o dálkovém přenosu těchto látek i do míst, kde nikdy nebyly použity nebo vyrobeny, představují nebezpečí pro životní prostředí celého světa. [13]

Organické mikropolutanty jsou organické látky, které jsou v životním prostředí perzistentní, protože se biologicky nerozkládají. Tyto látky se tedy mohou hromadit v životním prostředí a lidském organismu a mohou způsobit zdravotní problémy. [30]

Tyto látky mohou být součástí léků a léčiv a do odpadních vod se dostanou vyloučenou močí. Dále se organické mikropolutanty mohou vyskytovat v šampónech, detergentech, pesticidech, nebo herbicidech. Ze všech těchto prostředků se dostávají mikropolutanty do koloběhu městských odpadních vod a do kalů. Moderní čistírny odpadních vod mohou mít různé druhy nádrží s různými typy bakterií, které umožňují snížení těchto nebezpečných látek. Snižování polutantů se může taky řešit sorpcí do kalů, uvolňováním těkavých látek a biotransformací, která má potenciál snížit koncentrace chemikálií během doby zdržení v nádrži. Laboratorní výzkum a zjišťování koncentrací vybraných mikropolutantů např. zbytky léčiv, jsou u nás pouze v začátcích. V první řadě by bylo dobré zjistit, které mikropolutanty představují největší riziko. Stanovení koncentrací mikropolutantů v kalech je velmi složité, protože se tyto látky objevují v minimálních koncentracích. [31]

## 4. Porovnání jakosti vod na odtoku z ČOV pomocí ukazatelů hlášených do IRZ

Informace o látkách ohlašovaných do IRZ

Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č.166/2006 ze dne 18.1.2006 byl zřízen evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek. Ohlašovací povinnost mají provozovny, které překročí příslušnou prahovou hodnotu uvedenou v příloze č.II. nařízení. Informace o integrovaném registru znečištění provozovaném v ČR jsou k dispozici na [www stránkách www.irz.cz](http://www.strankach.www.irz.cz). Tyto stránky jsem také využila k tomu, abych zjistila, které komunální čistírny odpadních vod hlásí úniky těžkých kovů. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č.

**Tabulka 9: Úniky kovů do vod při vypouštění vyčištěných odpadních vod do recipientu za rok 2011 [9]**

Arsen		
Místo odběru	kg/rok	Prahová hodnota (kg/rok)
ČOV Cheb	9,89	5
ČOV Plzeň	108	
MěČOV Litomyšl	7,407	
Chrom		
ČOV Brno Modřice	192	50
OVAK a.s.	167	
ČOV Otrokovice	78,9	
ČOV Pardubice	431,2	
ČOV Jihlava	318	
ČOV Plzeň	216	
Kadmium		
OVAK	6	5
ČOV Praha	179,4	
ČOV Plzeň	28	
ČOV Otrokovice	15,8	
ČOV Vyškov	12	
Měď		
ČOV Brno Modřice	1716	50
ČOV Aš	57,49	
OVAK	334	

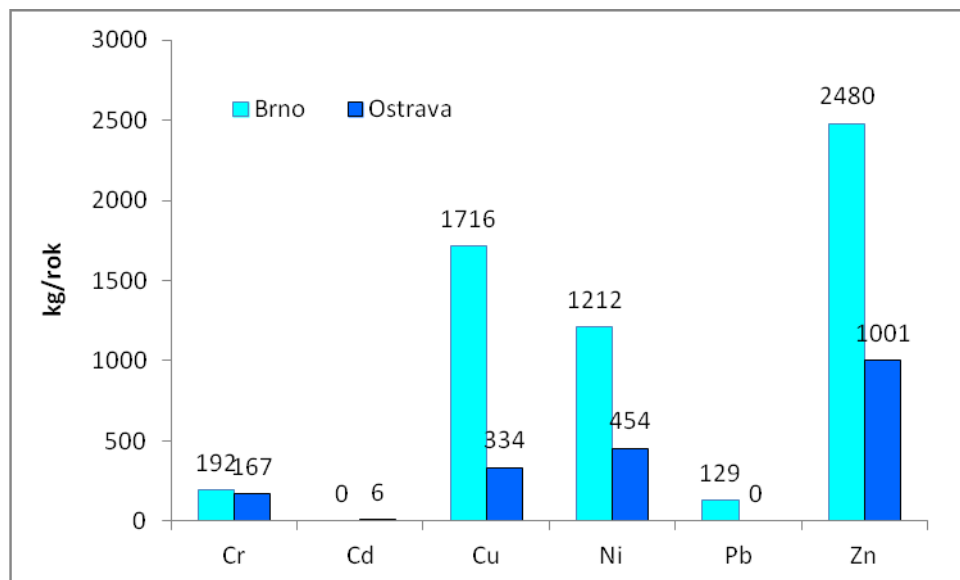
ČOV Otrokovice	112	
BČOV Pardubice	336,7	
Nikl		
ČOV Brno Modřice	1212	20
OVAK	454	
ČOV Otrokovice	192	
BČOV Pardubice	375,5	
ČOV Jihlava	68	
Olovo		
ČOV Brno Modřice	129,753	20
ČOV Jihlava	364	
ČOV Telč	50,4	
ČOV Znojmo	312,1	
ČOV Plzeň	111	
Zinek		
ČOV Brno Modřice	2480	100
ČOV Aš	153,49	
ČOV Hradec Králové	305,1	
OVAK	1001	
ČOV Jihlava	273	

**Tabulka 10: Přehled hlášených úniků za jednotlivé ČOV v roce 2011**

	As	Cr	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Aš	!			!			
Brno		!		!	!	!	!
Cheb	!						
Hradec Králové							!
Jihlava		!			!	!	!
Ostrava		!	!	!	!		!
Otrokovice		!	!	!	!		
Pardubice		!		!	!		
Praha			!				
Plzeň	!	!	!			!	
Telč							
Znojmo						!	

Z uvedených výsledků vyplývá, že ČOV Brno a Ostrava nahlásily nejvíce překročení úniků do povrchových vod (5). Nejméně nahlásila ČOV Praha, která jako největší čistírna odpadních vod nahlásila překročení úniků pouze pro Cd.

Z nahlášený výsledků je zřejmé, že největší množství kovů vypouští ČOV Brno Modřice 5.7 t/rok a ÚČOV Ostrava 1.9 t/rok.



**Obrázek 2: Úniky hlášené za ČOV Brno a Ostrava 2011**

Z výsledků uvedených v tabulce je zřejmé, že rozdíly mezi hlášenými úniky těžkých kovů jsou mezi jednotlivými ČOV velmi rozdílné. Je otázkou, jestli tyto rozdíly mohou být způsobeny charakterem průmyslových vod přitékajících na jednotlivé ČOV.

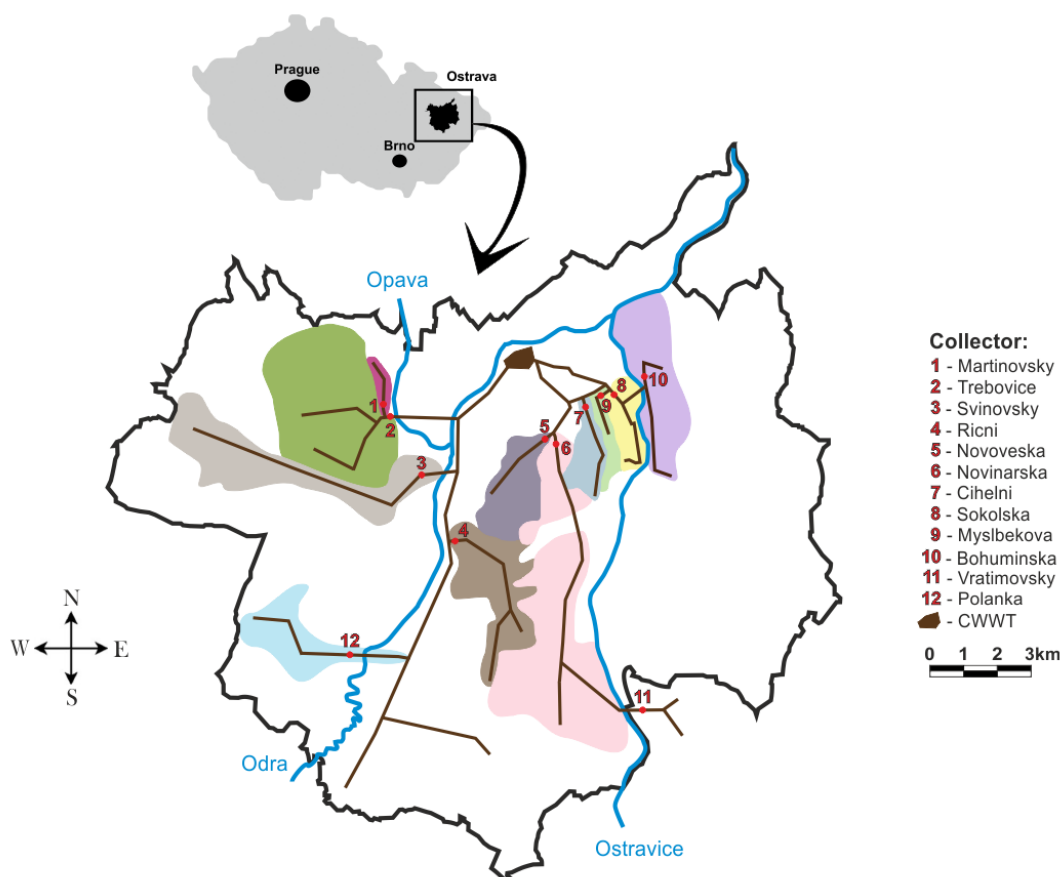
## 5. Stopové prvky v kanalizační síti města Ostravy

Odběr vzorků odpadních vod probíhal v souladu s požadavky ČSN ISO 5667-10 Jakost vod. Odběr vzorků. Část 10: Pokyny pro odběr vzorků odpadních vod v průběhu roku 2012. Vzorky byly odebírány jako 24 hodinové směsné vzorky pracovníky OVAK a.s., celkem bylo vzorkováno 14 odběrových míst. K odběrům byly využity ve 12 odběrových místech automatické přenosné vzorkovače Sigma 900. Tyto vzorkovače jsou po nastavení potřebných údajů upevněny na kovový kříž a zavěšeny do kanalizační šachty. Odpadní voda je vzorkovačem odebírána 1x za hodinu v objemu 200 ml. K odběru odpadních vod ze sběrače Novoveská a Novinářská slouží automatická monitorovací stanice, jež je umístěna na ulici Hornopolská. K odběrům jsou využívány dva stacionární automatické vzorkovače ISCO 6712FR s chladicí jednotkou. Odpadní voda je odebírána 1x za hodinu o objemu 200 ml. Po odběru byly vzorky odpadních vod přefitrovány přes sítko o průměru oka 1 mm a v plastových vzorkovnicích odvezeny pracovníky OVAK a.s. do analytických laboratoří IGI VŠB – TU Ostrava a OVAK a.s.

Vzorky odpadních vod byly pro analýzu kovů připraveny podle ČSN 75 7315 Jakost vod - Úprava vzorků odpadních vod před chemickou analýzou a ČSN EN ISO 15587-1 Jakost vod - Rozklad ke stanovení vybraných prvků ve vodě - Část 1: Rozklad lučavkou. Stanovení kovů bylo provedeno v akreditované laboratoři OVAK, a.s. podle příslušných SOP, které vychází z ČSN:

- \* ČSN EN ISO 15586 Jakost vod - Stanovení stopových prvků atomovou absorpční spektrometrií s grafitovou kyvetou.
- \* ČSN 75 7385 Jakost vod - Stanovení železa a manganu - Metoda plamenové atomové absorpční spektrometrie.
- \* ČSN ISO 8288 Jakost vod. Stanovení kobaltu, niklu, mědi, zinku, kadmia a olova. Metody plamenové atomové absorpční spektrometrie.
- \* ČSN 757440 Jakost vod - Stanovení celkové rtuti termickým rozkladem, amalgamací a atomovou absorpční spektrometrií.

Mapa odběrových míst je znázorněna na obr.č.3.



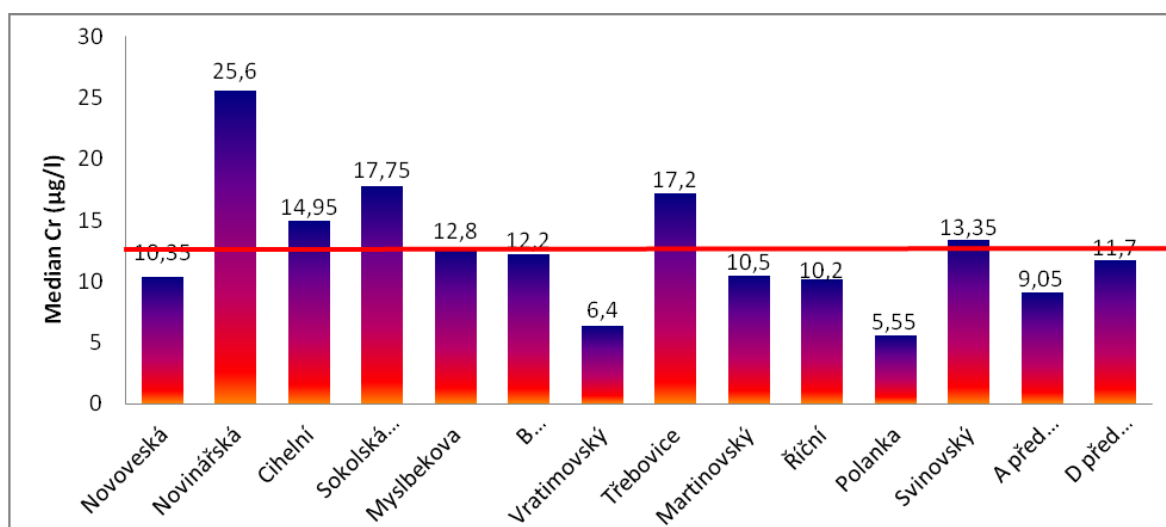
**Obrázek 3: Mapa odběrových míst Ostravy [3]**

Na základě dat obsahu těžkých kovů, která byla poskytnuta firmou Ostravské vodárny a kanalizace a.s. jsem zpracovala tabulky a grafy, které ukazují obsah těžkých kovů na jednotlivých sběračích. Grafy vyhodnocují, ve kterém sběrači jsou nejvyšší hodnoty obsahu těžkých kovů. Zpracovávala jsem všechny tyto těžké kovy: Chrom (Cr), arsén (As), kadmium (Cd), mangan (Mn), měď (Cu), nikl (Ni), olovo (Pb), rtuť (Hg), zinek (Zn) a železo (Fe).

**Tabulka 11: Chrom v ostravských sběračích**

Název sběrače	Median	Průměr	St.odchylka	Minimum	Maximum	Počet vzorků
Sběrač C Novoveská	0,0104	0,0117	0,0086	0,0033	0,0280	6
Sběrač CIII Novinářská	0,0256	0,0473	0,0468	0,0065	0,1299	6
Sběrač A Cihelní	0,0150	0,0191	0,0116	0,0106	0,0357	4
Sběrač All Sokolská třída	0,0178	0,0169	0,0072	0,0072	0,0247	4
Sběrač AI Myslbekova	0,0128	0,0139	0,0074	0,0067	0,0234	4
Sběrač B Bohumínská	0,0122	0,0149	0,0092	0,0058	0,0291	6
Sběrač Vratimovský	0,0064	0,0071	0,0026	0,0049	0,0108	4
Sběrač DIV Třebovice	0,0172	0,0195	0,0120	0,0087	0,0402	6
Sběrač Martinovský	0,0105	0,0197	0,0184	0,0053	0,0499	6
Sběrač D IX Říční	0,0102	0,0112	0,0041	0,0078	0,0165	4
Sběrač Z Polanka	0,0056	0,0058	0,0016	0,0041	0,0079	4
Sběrač D VI Svinovský	0,0134	0,0173	0,0150	0,0046	0,0378	4
Sběrač A před ÚČOV	0,0091	0,0133	0,0108	0,0057	0,0292	4
Sběrač D před ÚČOV	0,0117	0,0128	0,0027	0,0111	0,0168	4

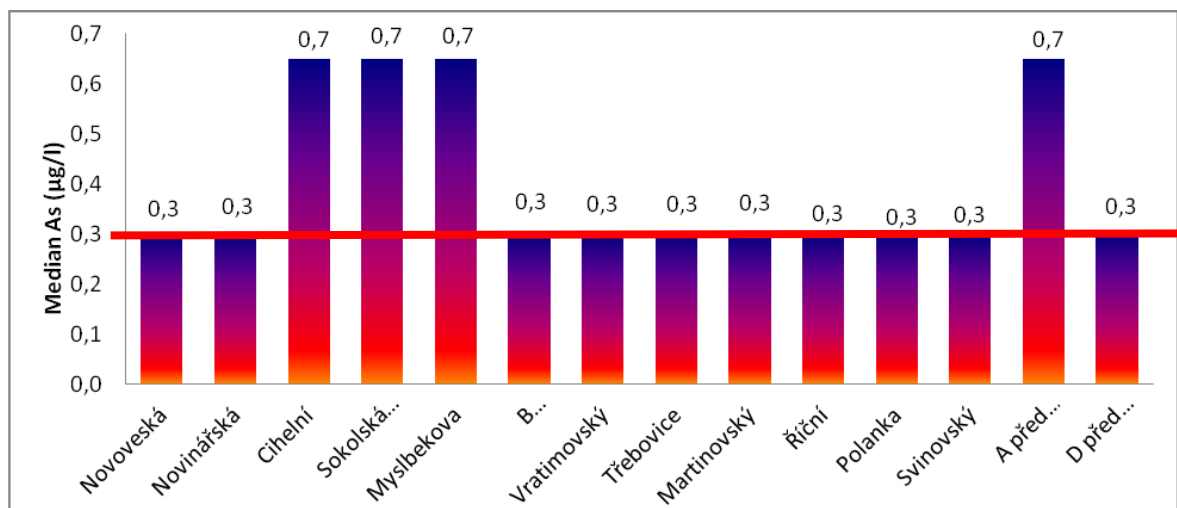




**Obrázek 4: Median chromu na Ostravských sběračích**

**Tabulka 12: Arsen v ostravských sběračích**

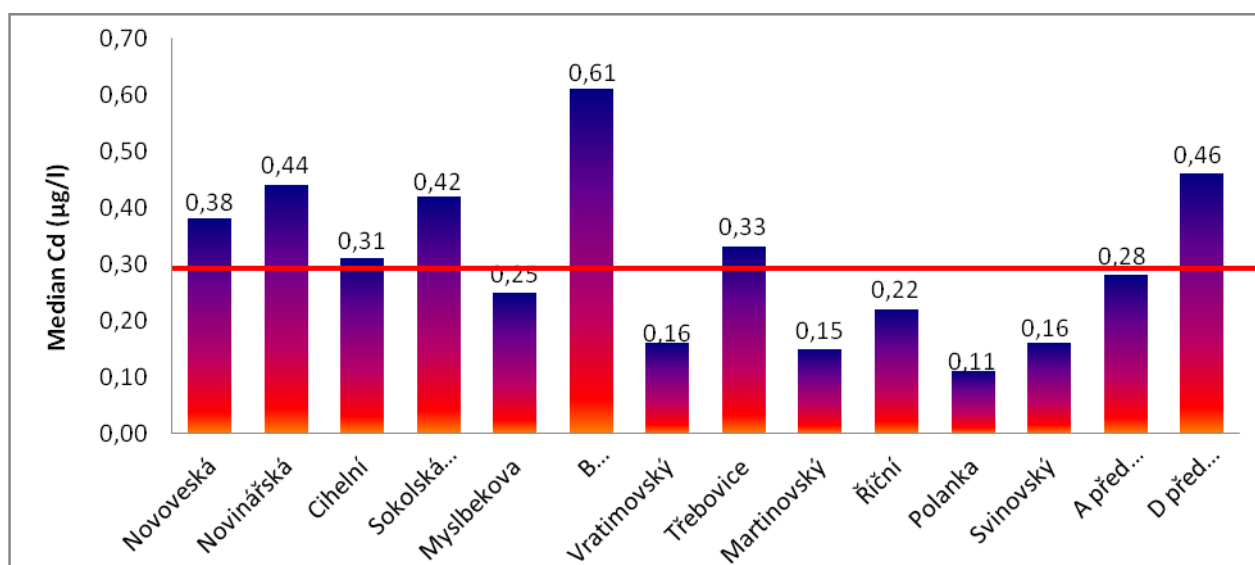
Název sběrače	Median	Průměr	St. Odchylka	Minimum	Maximum	Počet vzorků
Sběrač C Novoveská	0,0003	0,0040	0,0079645	0,0003	0,0218	6
Sběrač CIII Novinářská	0,0003	0,0009	0,00113235	0,0003	0,0034	6
Sběrač A Cihelní	0,0007	0,0013	0,00131601	0,0003	0,0035	4
Sběrač All Sokolská třída	0,0007	0,0012	0,00118954	0,0003	0,0032	4
Sběrač AI Myslbekova	0,0007	0,0013	0,00135831	0,0003	0,0036	4
Sběrač B Bohumínská	0,0003	0,0009	0,0009877	0,0003	0,0030	6
Sběrač Vratimovský	0,0003	0,0005	0,00030311	0,0003	0,0010	4
Sběrač DIV Třebovice	0,0003	0,0004	0,00026087	0,0003	0,0010	6
Sběrač Martinovský	0,0003	0,0004	0,00026087	0,0003	0,0010	6
Sběrač D IX Říční	0,0003	0,0005	0,00030311	0,0003	0,0010	4
Sběrač Z Polanka	0,0003	0,0005	0,00030311	0,0003	0,0010	4
Sběrač D VI Svinovský	0,0003	0,0005	0,00030311	0,0003	0,0010	4
Sběrač A před ÚČOV	0,0007	0,0012	0,00114755	0,0003	0,0031	4
Sběrač D před ÚČOV	0,0003	0,0005	0,00030311	0,0003	0,0010	4



**Obrázek 5: Median arsenu na Ostravských sběračích**

**Tabulka 13: Kadmium v ostravských sběračích**

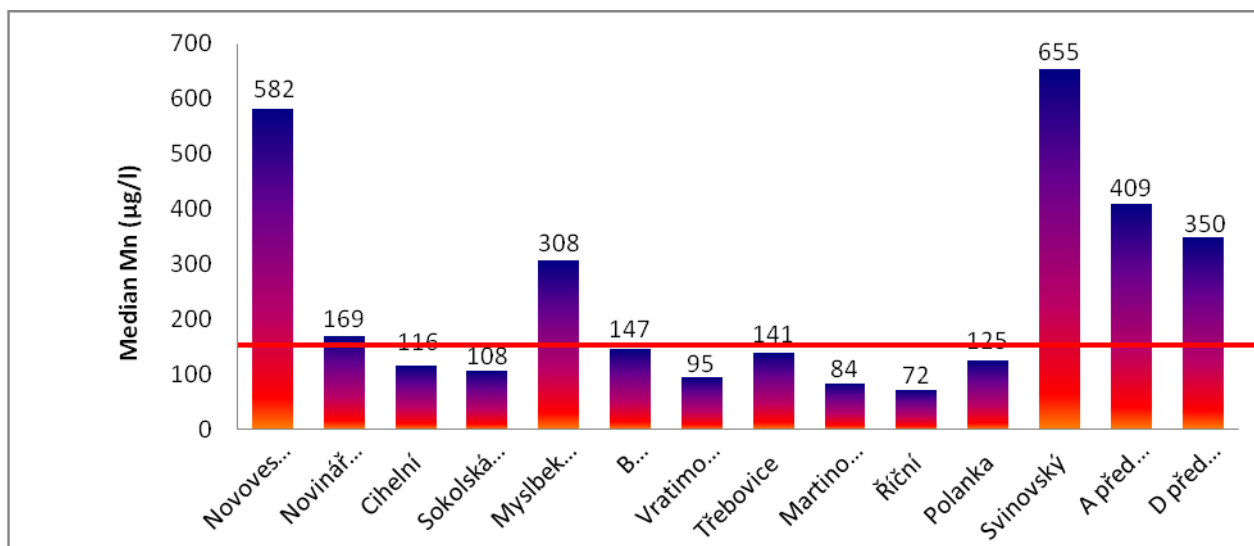
Název sběrače	Median	Průměr	St. Odchylka	Minimum	Maximum	Počet vzorků
Sběrač C Novoveská	0,00038	0,00050	0,00038539	0,00021	0,00133	6
Sběrač CIII Novinářská	0,00044	0,00055	0,00036764	0,00025	0,00134	6
Sběrač A Cihelní	0,00031	0,00034	0,0001299	0,00019	0,00053	4
Sběrač All Sokolská třída	0,00042	0,00050	0,00036421	0,00010	0,00107	4
Sběrač AI Myslbekova	0,00025	0,00031	0,00021417	0,00010	0,00066	4
Sběrač B Bohumínská	0,00061	0,00096	0,00095974	0,00023	0,00301	6
Sběrač Vratimovský	0,00016	0,00015	3,8971E-05	0,00010	0,00019	4
Sběrač DIV Třebovice	0,00033	0,00036	0,00014346	0,00018	0,00065	6
Sběrač Martinovský	0,00015	0,00030	0,00036564	0,00005	0,00110	6
Sběrač D IX Říční	0,00022	0,00021	3,7666E-05	0,00017	0,00025	4
Sběrač Z Polanka	0,00011	0,00012	1,6583E-05	0,00010	0,00014	4
Sběrač D VI Svinovský	0,00016	0,00026	0,00021695	0,00009	0,00063	4
Sběrač A před ÚČOV	0,00028	0,00030	8,9722E-05	0,00020	0,00044	4
Sběrač D před ÚČOV	0,00046	0,00056	0,00031851	0,00024	0,00109	4



**Obrázek 6: Median kadmia na Ostravských sběračích**

**Tabulka 14: Mangan v ostravských sběračích**

<b>Název sběrače</b>	<b>Median</b>	<b>Průměr</b>	<b>St. Odchylka</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Počet vzorků</b>
Sběrač C Novoveská	0,5820	0,7595	0,57765323	0,0520	1,8800	6
Sběrač CIII Novinářská	0,1685	0,2313	0,12515546	0,1160	0,4780	6
Sběrač A Cihelní	0,1160	0,1215	0,03335791	0,0860	0,1680	4
Sběrač All Sokolská třída	0,1075	0,1393	0,05703234	0,1040	0,2380	4
Sběrač AI Myslbekova	0,3080	0,3155	0,03752666	0,2750	0,3710	4
Sběrač B Bohumínská	0,1465	0,1725	0,07483259	0,0990	0,2990	6
Sběrač Vratimovský	0,0945	0,0995	0,01184272	0,0900	0,1190	4
Sběrač DIV Třebovice	0,1405	0,1823	0,09553999	0,1070	0,3800	6
Sběrač Martinovský	0,0835	0,2717	0,33360839	0,0350	0,9610	6
Sběrač D IX Říční	0,0715	0,0823	0,0225541	0,0650	0,1210	4
Sběrač Z Polanka	0,1250	0,1253	0,01895224	0,0990	0,1520	4
Sběrač D VI Svinovský	0,6545	0,7003	0,19907583	0,4720	1,0200	4
Sběrač A před ÚČOV	0,4090	0,3533	0,15315739	0,0990	0,4960	4
Sběrač D před ÚČOV	0,3495	0,3580	0,19294688	0,0990	0,6340	4

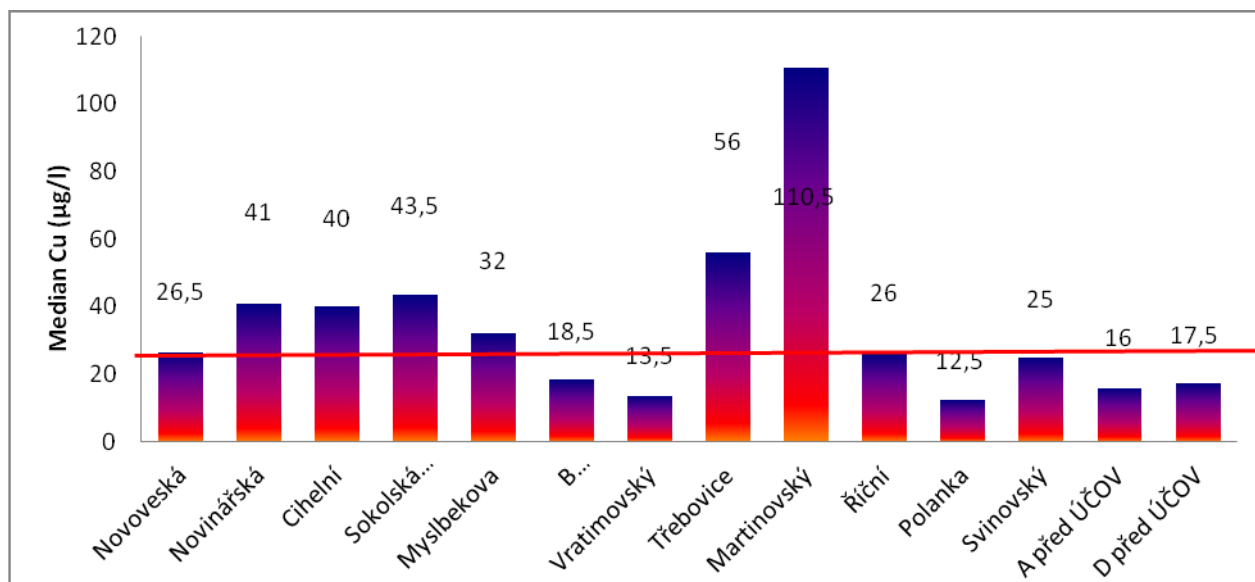


**Obrázek 7: Median manganu na Ostravských sběračích**

**Tabulka 15: Měď v ostravských sběračích**

Název sběrače	Median	Průměr	St. Odchylka	Minimum	Maximum	Počet vzorků
Sběrač C Novoveská	0,0265	0,0250	0,01487728	0,0080	0,052	6
Sběrač CIII Novinářská	0,0410	0,0562	0,05816762	0,0080	0,179	6
Sběrač A Cihelní	0,0400	0,0623	0,05196814	0,0190	0,15	4
Sběrač All Sokolská třída	0,0435	0,0368	0,01704956	0,0080	0,052	4
Sběrač AI Myslbekova	0,0320	0,0275	0,01171537	0,0080	0,038	4
Sběrač B Bohumínská	0,0185	0,0215	0,0140327	0,0080	0,049	6
Sběrač Vratimovský	0,0135	0,0155	0,00801561	0,0080	0,027	4
Sběrač DIV Třebovice	0,0560	0,0673	0,04344984	0,0080	0,132	6
Sběrač Martinovský	0,1105	0,2070	0,23974987	0,0080	0,702	6
Sběrač D IX Říční	0,0260	0,0273	0,019331	0,0080	0,049	4
Sběrač Z Polanka	0,0125	0,0150	0,00784219	0,0080	0,027	4
Sběrač D VI Svinovský	0,0250	0,0983	0,13739064	0,0080	0,335	4
Sběrač A před ÚČOV	0,0160	0,0168	0,00881405	0,0080	0,027	4
Sběrač D před ÚČOV	0,0175	0,0185	0,01059481	0,0080	0,031	4

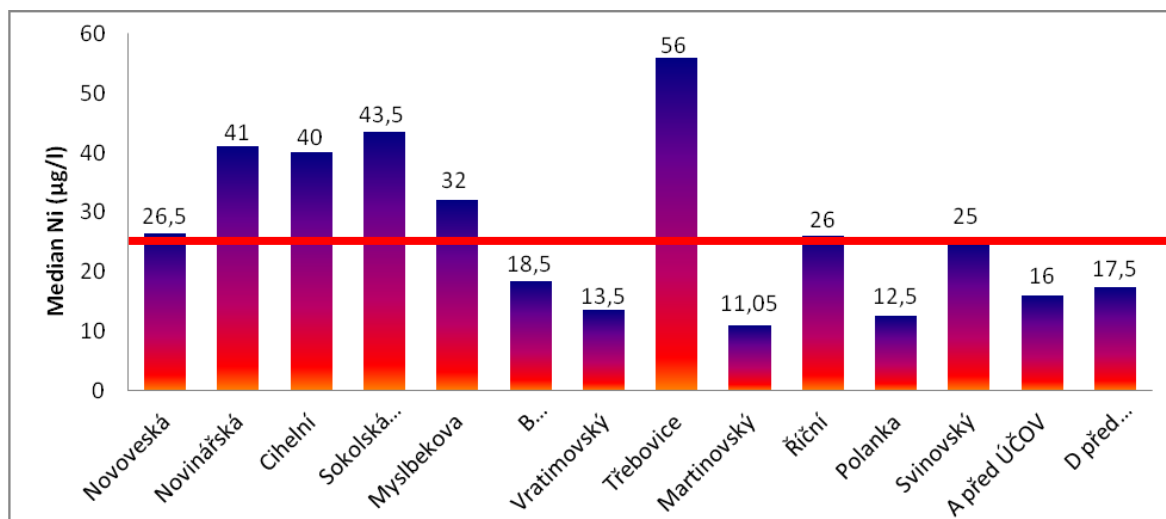




**Obrázek 8: Median mědi na Ostravských sběračích**

**Tabulka 16: Nikl v ostravských sběračích**

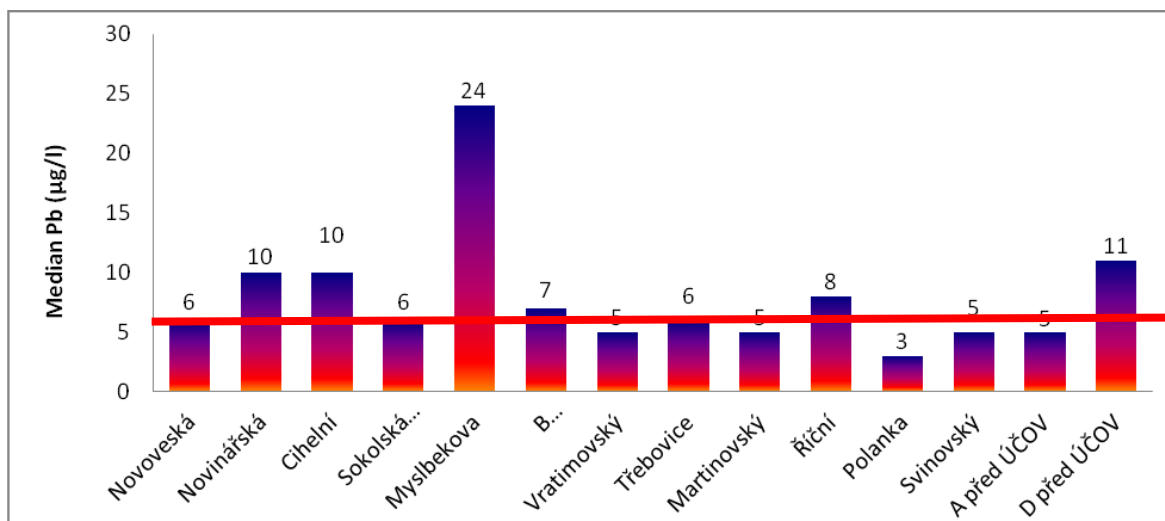
Název sběrače	Median	Průměr	St. Odchylka	Minimum	Maximum	Počet vzorků
Sběrač C Novoveská	0,0265	0,019	0,01271482	0,005	0,036	6
Sběrač CIII Novinářská	0,041	0,018	0,01353288	0,005	0,036	6
Sběrač A Cihelní	0,04	0,025	0,02632014	0,005	0,069	4
Sběrač All Sokolská třída	0,0435	0,014	0,01286468	0,005	0,036	4
Sběrač AI Myslbekova	0,032	0,018	0,01168332	0,005	0,036	4
Sběrač B Bohumínská	0,0185	0,017	0,01429063	0,005	0,042	6
Sběrač Vratimovský	0,0135	0,024	0,02187893	0,005	0,061	4
Sběrač DIV Třebovice	0,056	0,021	0,01563561	0,005	0,041	6
Sběrač Martinovský	0,1105	0,074	0,07394292	0,005	0,183	6
Sběrač D IX Říční	0,026	0,016	0,01197915	0,005	0,036	4
Sběrač Z Polanka	0,0125	0,017	0,01192686	0,005	0,036	4
Sběrač D VI Svinovský	0,025	0,019	0,01133578	0,005	0,036	4
Sběrač A před ÚČOV	0,016	0,014	0,01289137	0,005	0,036	4
Sběrač D před ÚČOV	0,0175	0,013	0,01342339	0,005	0,036	4



**Obrázek 9: Median niklu na Ostravských sběračích**

**Tabulka 17: Olovo v ostravských sběračích**

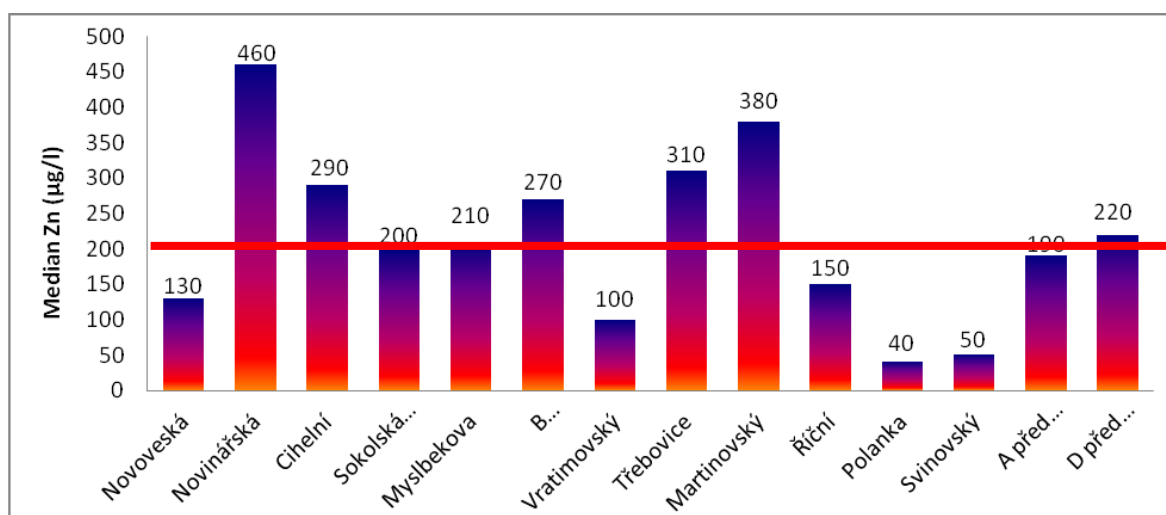
Název sběrače	Median	Průměr	St. Odchylka	Minimum	Maximum	Počet vzorků
Sběrač C Novoveská	0,006	0,007	0,00374166	0,002	0,014	6
Sběrač CIII Novinářská	0,010	0,019	0,01979899	0,005	0,062	6
Sběrač A Cihelní	0,010	0,010	0,0060156	0,002	0,017	4
Sběrač All Sokolská třída	0,006	0,011	0,01025914	0,002	0,028	4
Sběrač Al Myslbekova	0,024	0,052	0,05280802	0,017	0,143	4
Sběrač B Bohumínská	0,007	0,011	0,01046821	0,001	0,030	6
Sběrač Vratimovský	0,005	0,005	0,00206155	0,002	0,007	4
Sběrač DIV Třebovice	0,006	0,008	0,00372022	0,003	0,014	6
Sběrač Martinovský	0,005	0,011	0,01407693	0,002	0,039	6
Sběrač D IX Říční	0,008	0,009	0,0043229	0,005	0,016	4
Sběrač Z Polanka	0,003	0,003	0,00158114	0,001	0,005	4
Sběrač D VI Svinovský	0,005	0,006	0,00396074	0,003	0,013	4
Sběrač A před ÚČOV	0,005	0,008	0,00540255	0,004	0,017	4
Sběrač D před ÚČOV	0,011	0,011	0,00522015	0,004	0,017	4



**Obrázek 10: Median olova na Ostravských sběračích**

**Tabulka 18: Zinek v Ostravských sběračích**

Název sběrače	Median	Průměr	St. Odchylka	Minimum	Maximum	Počet vzorků
Sběrač C Novoveská	0,13	0,14	0,05849976	0,08	0,13	6
Sběrač CIII Novinářská	0,46	1,36	1,55499196	0,20	0,46	6
Sběrač A Cihelní	0,29	0,29	0,09708244	0,17	0,29	4
Sběrač All Sokolská třída	0,20	0,23	0,0983298	0,14	0,20	4
Sběrač AI Myslbekova	0,21	0,25	0,14720309	0,09	0,21	4
Sběrač B Bohumínská	0,27	0,30	0,2634388	0,04	0,27	6
Sběrač Vratimovský	0,10	0,10	0,04031129	0,04	0,10	4
Sběrač DIV Třebovice	0,31	0,52	0,40898248	0,13	0,31	6
Sběrač Martinovský	0,38	8,24	17,298834	0,10	0,38	6
Sběrač D IX Říční	0,15	0,16	0,03316625	0,13	0,15	4
Sběrač Z Polanka	0,04	0,05	0,03741657	0,01	0,04	4
Sběrač D VI Svinovský	0,05	0,18	0,24181605	0,01	0,05	4
Sběrač A před ÚČOV	0,19	0,16	0,05244044	0,07	0,19	4
Sběrač D před ÚČOV	0,22	0,28	0,16498106	0,12	0,22	4

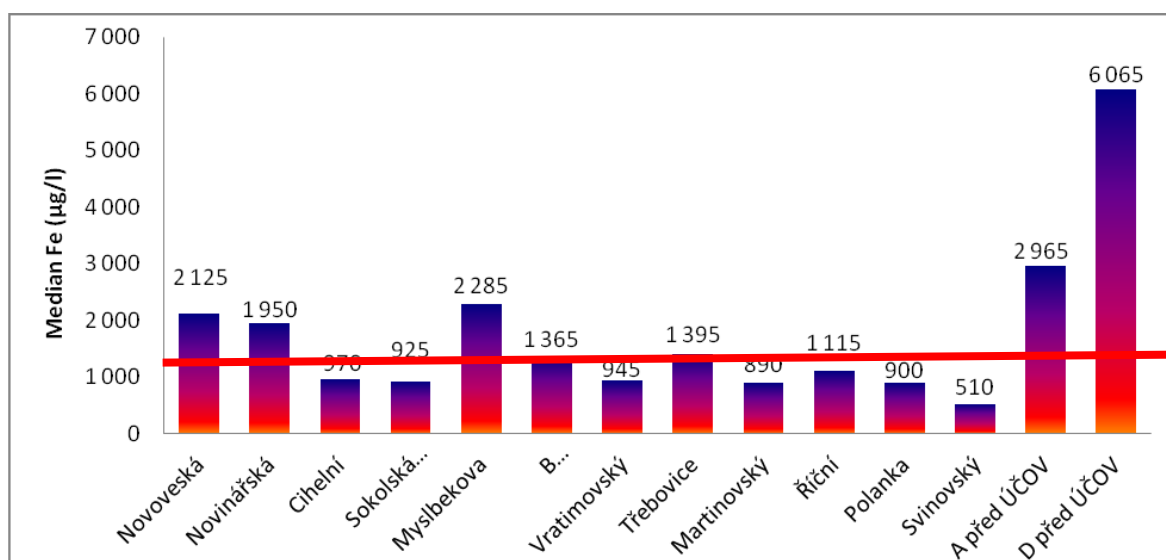


**Obrázek 11: Median zinku na Ostravských sběračích**

**Tabulka 19: Železo v Ostravských sběračích**

<b>Název sběrače</b>	<b>Median</b>	<b>Průměr</b>	<b>St. Odchylka</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Počet vzorků</b>
Sběrač C Novoveská	2,1250	5,3717	7,34901675	1,2700	21,7000	6
Sběrač CIII Novinářská	1,9500	3,1500	2,96924794	1,1900	9,7500	6
Sběrač A Cihelní	0,9700	1,4325	0,86863039	0,8600	2,9300	4
Sběrač All Sokolská třída	0,9250	1,9925	1,95723498	0,7400	5,3800	4
Sběrač AI Myslbekova	2,2850	3,9450	3,40026837	1,4400	9,7700	4
Sběrač B Bohumínská	1,3650	1,8767	1,54073215	0,3900	4,3000	6
Sběrač Vratimovský	0,9450	0,9700	0,34402035	0,5600	1,4300	4
Sběrač DIV Třebovice	1,3950	2,6733	2,11902231	0,9400	6,0400	6
Sběrač Martinovský	0,8900	5,2967	6,96539462	0,5000	18,9000	6
Sběrač D IX Říční	1,1150	1,1300	0,31945266	0,7000	1,5900	4
Sběrač Z Polanka	0,9000	0,8975	0,15911867	0,6700	1,1200	4
Sběrač D VI Svinovský	0,5100	0,8650	0,67566634	0,4100	2,0300	4
Sběrač A před ÚČOV	2,9650	3,1525	1,12052164	1,7800	4,9000	4
Sběrač D před ÚČOV	6,0650	6,0350	2,96488195	2,2400	9,7700	4



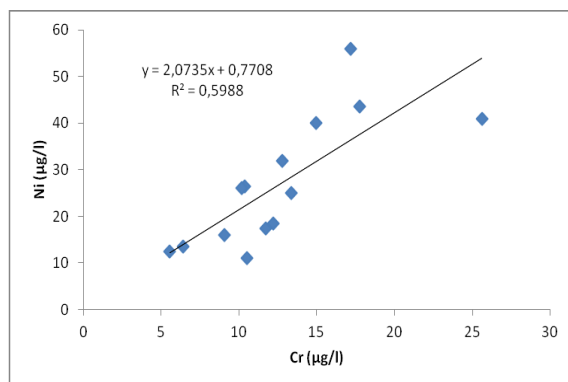


**Obrázek 12: Median železa na Ostravských sběračích**

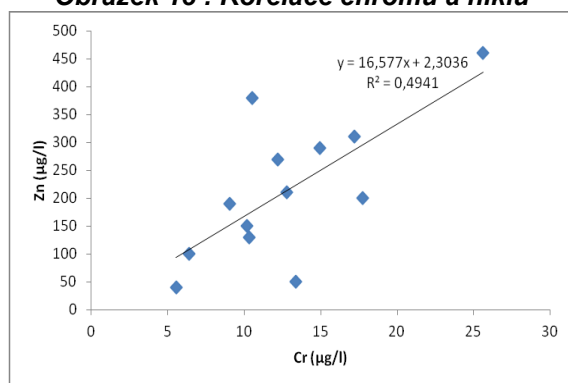
**Tabulka 20: Median koncentrace kovů v kanalizační síti (mg/l)**

	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
Novoveská	0,00030	0,00038	6,4	<b>0,5820</b>	0,0265	0,0265	0,006	0,13
Novinářská	0,0003	0,00044	0,0256	0,1685	0,0410	0,041	0,010	0,46
Cihelní	0,0007	0,00031	0,0150	0,1160	0,0400	0,04	0,010	0,29
Sokolská třída	0,0007	0,00042	0,0178	0,1075	0,0435	0,0435	0,006	0,20
Myslbekova	0,0007	0,00025	0,0128	0,3080	0,0320	0,032	0,024	0,21
Bohumínská	0,0003	0,00061	0,0122	0,1465	0,0185	0,0185	0,007	0,27
Vratimovský	0,0003	0,00016	0,0064	0,0945	0,0135	0,0135	0,005	0,31
Třebovice	0,0003	0,00033	0,0172	0,1405	0,0560	0,056	0,006	0,31
Martinovský	0,0003	0,00015	0,0105	0,0835	0,1105	<b>0,1105</b>	0,005	0,38
Říční	0,0003	0,00022	0,0102	0,0715	0,0260	0,026	0,008	0,15
Polanka	0,0003	0,00011	0,0056	0,1250	0,0125	0,0125	0,003	0,04
Svinovský	0,0003	0,00016	0,0134	<b>0,6545</b>	0,0250	0,025	0,005	0,05
Sběrač A před ÚČOV	0,0007	0,00028	0,0091	0,4090	0,0160	0,016	0,005	0,19
Sběrač D před ÚČOV	0,0003	0,00046	0,0117	0,3495	0,0175	0,0175	0,011	0,22

Závislost mezi jednotlivými prvky v kanalizační síti byla sledována pomocí lineární regresní analýzy. Pro regresní analýzu byly použit medián koncentrací vypočteny z celkového souboru. Statisticky významná závislost je platná pro hodnotu koeficientu korelace větší než 0.66, při které je splněna podmínka kritické hodnoty koeficientu korelace při hladině významnosti 0.01. V případě studia závislostí mezi jednotlivými koncentracemi prvků byla prokázána statisticky významná závislost pouze mezi Ni a Cr ( $r = 0.76$ ) a Zn a Cr ( $r = 0.70$ ).



**Obrázek 13 : Korelace chromu a niklu**



**Obrázek 14: Korelace chromu a zinku**

Poněkud méně statisticky významná závislosti byly prokázány pro Pb x Cr ( $r=0.53$ ), Ni x As ( $r=0.50$ ) a Cd x Zn ( $r = 0.45$ ). Statisticky významná závislost mezi Cr x Zn a Ni x Cr svědčí o společném zdroji stopových prvků v kanalizační síti. Závislost mezi Cr x Ni bývá často vysvětlována použitím nerezových materiálů v domácnostech a jejich otěrem. Tjandraatmadja G. et al. (2006) uvádí, že 95 % Zn pochází z koupelen a praček. Denní produkce Zn se odhaduje na 4452 µg/os/den a denní produkce Cr je 238 µg/os/den. Vzhledem k charakteru městských odpadních vod do kterých jsou vypouštěny odpadní vody z moření kovů a galvanoven, lze zjištěné závislosti také zdrojem těchto vod. Pro oddělení zdroje (šedých vod) a průmyslových odpadních vod – galvanizovny, pokovování musí být proveden detailní monitoring v kanalizační síti s ohledem na lokalizaci bodových zdrojů znečištění

## 6. Stopové prvky ve vodách kanalizační sítě města Ostravy

### Chrom

Chrom se v kanalizačních sběračích Ostravy nachází. Nejvyšší hodnoty tohoto prvku byly naměřeny ve sběrači Novinářská 25,6 µg/l, nejnižší hodnota ve sběrači Polanka 5,55 µg/l. Všechny hodnoty chromu jsou v souladu s přípustnými limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace.

### Arsen

Tento prvek se v Ostravě vyskytuje na všech sběračích od 0,3 do 0,7 µg/l. Všechny hodnoty arsenu jsou v souladu s přípustnými limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace.

### Kadmium

Nejvyšší obsah tohoto kovu se nachází ve sběrači Bohumínská 0,61 µg/l a nejnižší obsah v Polance 0,11 µg/l. Všechny hodnoty kadmia jsou v souladu s přípustnými limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace.

### Mangan

Nejvyšší obsah tohoto prvku se nachází ve sběrači Svinov 655 µg/l, což překročilo přípustné limitní znečištění. Hodnoty ve zbylých sběračích jsou v souladu s těmito limity. Nejnižší na sběrači Říční 72 µg/l.

### Měď

Nejvyšší obsah mědi byl zjištěn ve sběrači Svinovský 110,5 µg/l, což překračuje přípustné limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace. Hodnoty v ostatních sběračích jsou v souladu s těmito limity. Nejnižší obsah je na sběrači Polanka 12,5 µg/l.

### Nikl

Nejvyšší obsah tohoto kovu se vyskytuje ve sběrači Třebovický 56 µg/l, což překračuje přípustné limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace. Hodnoty v ostatních sběračích nepřekračovaly limit. Nejnižší obsah byl zjištěn v Martinovském sběrači 11,05 µg/l.

### Olovo

Olovo se vyskytuje v největší koncentraci ve sběrači Myslbekova 24 µg/l, nejnižší je ve sběrači Polanka 3 µg/l. Všechny hodnoty niklu jsou v souladu s přípustnými limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace.

### Zinek

Zinek se nachází v největším množství ve sběrači Novinářská 460 µg/l a v nejmenším množství ve sběrači Polanka 40 µg/l. Všechny hodnoty zinku jsou v souladu s přípustnými limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace.

### Železo

Tento kov se v největším množství v Ostravě nachází na sběrači D před ÚČOV 6065 µg/l a v nejmenším množství na Svinovském sběrači 510 µg/l.

## **7. Zhodnocení – srovnání s jinými městy**

V kanalizační síti města Ostravy jsou dva prvky, které překračují limity znečištění. Mangan dokonce překročil limity na dvou Ostravských sběračích. Limity překročil na sběrači Novoveská a na Svinovském sběrači. Druhým těžkým kovem, který překročil limity je nikl na Martinovském sběrači.

Z celé České republiky má nejvyšší hodnoty znečišťujících látek město Brno. Praha nahlásila jen jeden kov, který překračuje limity a to kadmium.

Porovnání s městy můžeme vidět v následující tabulce.

Collector/town	As	Cr	Cd	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Mn	Fe
Ostrava - median	0,0003	0,0120	0,00030	0,0263	0,02625	0,006	0,0002	0,21	0,1435	1,2400
Paris (median) <sup>1</sup>			0.50	86.5		21		172		
Range of medians <sup>1</sup>			0.43-0.67	70-98		18-31		171-292		
Paris (median) <sup>2</sup>			1.15	125		95.5		1105		
Range of medians <sup>2</sup>			0.87-2.02	90-175		62-188		810-1540		
Nancy AVG±STD <sup>3</sup>		10.2±4.0	0.13±0.1	59±36	6.8±2.7	6.2±4.1		140±65		
Melbourne AVG±STD <sup>3</sup>		3.2±1.7	0.45±0.21	62±14.9	4.2±2	13±6.8		169±75.8		
Stockholm AVG <sup>3</sup>		3.5	0.19	81	10.4	2.4		203		
Milwaukee AVG±STD <sup>3,5</sup>		43.6±2.7	1.6±0.06	72.6±2.03	11.1±0.4	10.7±0.8	0.16±0.01	164±3.3		
Yokosuka AVG		5.1	0.9	64	6.7	18		224		
Rule K.L. et al. (2006)			0.38	196				164		

<sup>1</sup>Gasperi et al. (2008), <sup>2</sup>Kafi et al. (2008), <sup>3</sup>Houhou J. (2009), <sup>4</sup>Rule, <sup>5</sup>Soonthornnonda P. et al. (2008)

Gasperi J., Kafi-Benyahia M., Lorgeoux C., Moilleron R., Groamire M.C., Chebbo G. (2008): Wastewater quality and pollutant loads in combined sewers during dry weather periods. Urban Water Journal, Vol.5, No.4, 305-314

Kafi M., Gasperi J., Moilleron R., M.C.Gromaire, G.Chebbo (2008): Spatial variability of the characteristics of combined wet weather pollutant loads in Paris. Water Research, 42, 539-549.

Rule K.L., Comber S.D.W., Ross D., Thornton A., Makropoulos C.K., Rautiu R. (2006): Diffuse sources of heavy metals entering an urban wastewater catchment. Chemosphere, 63, 64-72.

Soonthornnonda P., Christensen E.R. (2008): Source apportionment of pollutants and flows of combined sewer wastewater. Water Research, 42, 1989-1998

## 8. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo provést statistické zhodnocení dat z chemických analýz prováděných během roku 2012 v kanalizační síti města Ostravy ze 12 odběrových míst a 2 přítoků na ÚČOV Ostrava, které jsem získala od společnosti OVAK, a.s. Hodnoty mediánu koncentrace prvků jsem použila ke srovnání s limity pro vypouštění odpadních vod stanovenými v kanalizačním řádu města Ostravy.

Pouze dva těžké kovy na území města Ostravy překročily limity znečištění stanovené v kanalizačním řádu. Mangan byl překročen ve dvou sběračích. Medián koncentrace manganu ve sběrači Novoveská dosáhl hodnoty 0,582 mg/l a ve Svinovském 0,645 mg/l. Přípustná míra znečištění manganu v kanalizačním řádu Ostravy je 0,5 mg/l. Druhý kov, který překročil limity znečištění vypouštěných do kanalizace je nikl. Ve sběrači Martinovský medián koncentrace niklu (0,110 mg/l) mírně překročil limity pro vypouštění do kanalizační sítě (0,1 mg/l).

Ostatní sledované kovy (Cu, Pb, Zn, As, Cd, Hg) byly v souladu s přípustnou mírou znečištění definovanou kanalizačním řádem. Z hlediska obsahu kovů je nejméně zatížený sběrač Polanka. Mezi sběrače, které obsahují nejvyšší koncentrace kovů patří sběrač Svinovský a sběrač Novinářská.

V bakalářské práci byly definovány sběrače s překročením přípustných hodnot stanovených v kanalizačním řádu. Následným krokem bude ověření bodových zdrojů znečištění, které vypouští odpadní vody do příslušných sběračů a identifikace příslušného bodového zdroje znečištění.

Dalším důležitým výstupem v rámci řešení bakalářské práce bylo srovnání výsledků hlášení množství kovů (úniků) na odtoku z ČOV do IRZ. Informace o úniku kovů do povrchových nahlásilo pouze 12 ČOV z celé ČR. Nejvyšší úniky kovů nahlásila ČOV Brno-Modřice, kde roční úniky kovů do povrchových hodnot dosáhly hodnotu 2,4 t/rok, na druhém místě je ÚČOV Ostrava s 1 t/rok. Z uvedených výsledků je zřejmé, že koncentrace kovů v odtoku z ÚČOV souvisí s počtem připojených EO. Podle těchto informací, by největším producentem znečištění měla být ÚČOV Praha, které ale hlásí pouze jediný kov, a to Cd.

## Seznam použité literatury:

- [1] Charakteristika okresu Ostrava-město. *Krajská správa* [online]. 2012 [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/xt/redakce.nsf/i/charakteristika\\_okresu\\_ostrava\\_mesto](http://www.czso.cz/xt/redakce.nsf/i/charakteristika_okresu_ostrava_mesto)
- [2] *Transformace těžkého průmyslu ve městě Ostrava: Regionální analýza*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- [3] Stanovení potřeby vody v případě malých spotřebišť. *Vlastnosti a zdroje vody* [online]. 2012 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8156-stanoveni-potreby-vody-v-pripade-malych-spotrebist>
- [4] DOHÁNYOS Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD*. Praha: VŠCHT, 2011. ISBN 978-80-7080-316-5.  
DOHÁNYOS Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD*. Praha: VŠCHT, 2011. ISBN 978-80-7080-316-5.
- [5] PROKEŠOVÁ, Markéta. *Dynamika látkového složení znečištění ve stokové síti*. Ostrava, 2010. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/82511>. Diplomová práce. VŠB - TUO. Vedoucí práce Helena Raclavská
- [6] *Kanalizační řád*. Ostrava, 2009. Dostupné z: [http://www.ovak.cz/files\\_for\\_web/dok\\_kanalrad-2-1.pdf](http://www.ovak.cz/files_for_web/dok_kanalrad-2-1.pdf)
- [7] Ostravské vodárny a kanalizace. *Ostravské vodárny a kanalizace* [online]. s. 17 [cit. 2013-03-21].
- [8] VAK Přerov. *Kanalizační řád* [online]. 2009 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.vakprerov.cz/odpadni-vody/kanalizacni-rad.html>
- [9] MATOUŠEK, VÁCLAV. *POZNÁVÁNÍ ODTOKOVÝCH VLASTNOSTÍ MALÝCH POVODÍ ZA REGIONÁLNÍCH DEŠŤŮ*. Praha: VÚVTGM, 2010. ISBN 978-80-87402-08-5.
- [10] Koalice pro řeky. *Snižování znečištění vod* [online]. 2009 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.koaliceproreky.cz/temata/snizovani-znecisteni-vod/>
- [11] MATOUŠEK, VÁCLAV. *POZNÁVÁNÍ ODTOKOVÝCH VLASTNOSTÍ MALÝCH POVODÍ ZA REGIONÁLNÍCH DEŠŤŮ*. Praha: VÚVTGM, 2010. ISBN 978-80-87402-08-5.
- [12] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *STOKOVÁNÍ A ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD*. Brno: CERM, 2003. ISBN 80-214-2535-0.



- [13] Tzbinfo. *Kvalita srážkové vody využívané k závlahám v ČR* [online]. 2012 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8975-kvalita-srazkove-vody-vyuzivane-k-zavlaham-v-cr>
- [14] Water for a Healthy Country. *Sources of critical contaminants in domestic wastewater*.
- [15] Tzbinfo. *Kvalita šedých vod a možnost jejich využití* [online]. 2011 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
- [16] EUROCHEM. *Kvalitu kalů ovlivňují i výrobky, které běžně používáme* [online]. 2010 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.eurochem.cz/index.php?LA=CS&MN=Kvalitu+kal%F9+ovliv%F2uj%ED+i+v%FDrobky%2C+kter%E9+b%EC%9En%EC+pou%9E%EDv%E1me&ProdID=00028F0667F064860002E8C6&DT=4097&TXTID=2359&PHPSESSID=fa>.
- [17] Houhou J., El Samrani A.G., Lartiges B.S., Faure P., Mansuyhuault L., Montarges-Pelletier E., Mustin C, Ghanbaja J., Kohler A., Yvon J. (2005): Nature of trace element carriers and organioc matter in combined sewer during dry and wet weather. *Geophysical Reserach Abstracts*, Vol.7, 09898
- x
- [18] *Arsen a jeho sloučeniny* [online]. 2009 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: [http://irz.cz/repository/latky/arsen\\_a\\_jeho\\_slouceny.pdf](http://irz.cz/repository/latky/arsen_a_jeho_slouceny.pdf)
- [19] Periodická tabulka. *Železo, popis a vlastnosti* [online]. 2013 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/26.html>
- [20] Investice do rozvoje vzdělávání. *Odpady ze strojírenství a zpracování kalů* [online]. 2011 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: [http://www.ucitsnadno.cz/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=109&category\\_id=9&option=com\\_virtuemart&Itemid=61](http://www.ucitsnadno.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=109&category_id=9&option=com_virtuemart&Itemid=61)
- [21] PITTER, Pavel. *HYDROCHEMIE*. Praha: VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [22] Gnecco I., Berretta C., Lanza L.G., La Barbera P. (2005): Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy. *Atmospheric Research*, 77, 60-73
- [23] IRZ. *Zinek a jeho sloučeniny* [online]. 2007 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/106>
- [24] IRZ. *Měď a jeho sloučeniny* [online]. 2008 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://irz.cz/node/67>
- [25] IRZ. *Nikl a jeho sloučeniny* [online]. 2008 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://irz.cz/node/72>

[26] IRZ. *Olovo a jeho sloučeniny* [online]. 2008 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/74>

[27] IRZ. *Kadmium a jeho sloučeniny* [online]. 2003 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://irz.cz/node/63>

[28] Mangan a jeho sloučeniny. *Mangan a jeho sloučeniny* [online]. 2005 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.registrpovinnosti.com/df23h54/voda/registrlegislative/Mangan.pdf>

[29] Arnika. *Mangan* [online]. 2010 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://arnika.org/mangan>

[30] SGS. *Životní prostředí: Voda* [online]. 2010 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.sgsgroup.cz/cs-CZ/Environment/Water.aspx>

[31] EUROCHEM. *Kvalitu kalů ovlivňují i výrobky, které běžně používáme* [online]. 2010 [cit. 2013-04-21]. Dostupné z: <http://www.eurochem.cz/index.php?LA=CS&MN=Kvalitu+kal%F9+ovliv%F2uj%ED+i+v%FDrobky%2C+ kter%E9+b%EC%9En%EC+pou%9E%EDv%E1me&ProdID=00028F0667F064860002E8C6&DT=4097&TXTID=2359&PHPSESSID=fa...>

## Seznam použitých obrázků:

[1] Ostravské vodárny a kanalizace. *Ostravské vodárny a kanalizace* [online]. s. 17 [cit. 2013-03-21].

[2] *Klimatické oblasti ČR (dle Quitta 1971)*. 1971. Dostupné z:  
[http://www.google.cz/search?hl=cs&gs\\_rn=11&gs\\_ri=psy-ab&cp=19&gs\\_id=23&xhr=t&q=klimatick%C3%A9+oblasti+%C4%8Dr&bav=on.2,or\\_r\\_qf.&bvm=bv.45580626,d.ZWU&biw=1024&bih=499&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=8PN2Uf6RI4bVsgb7mIDABg#imgsrc=qsh094GZ--SIQM%3A%3BVXykSLFlv7T-yM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ovocnarska-unie.cz%252Fweb%252Fweb-sispo%252Fklimreg%252Fmapa1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ovocnarska-unie.cz%252Fweb%252Fweb-sispo%252Fklimreg%252Fklimapa.html%3B600%3B345](http://www.google.cz/search?hl=cs&gs_rn=11&gs_ri=psy-ab&cp=19&gs_id=23&xhr=t&q=klimatick%C3%A9+oblasti+%C4%8Dr&bav=on.2,or_r_qf.&bvm=bv.45580626,d.ZWU&biw=1024&bih=499&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=8PN2Uf6RI4bVsgb7mIDABg#imgsrc=qsh094GZ--SIQM%3A%3BVXykSLFlv7T-yM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ovocnarska-unie.cz%252Fweb%252Fweb-sispo%252Fklimreg%252Fmapa1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ovocnarska-unie.cz%252Fweb%252Fweb-sispo%252Fklimreg%252Fklimapa.html%3B600%3B345)

[3] DROZDOVÁ, Jarmila. *Formy výskytu rizikových prvků v kanalizační síti v Ostravě*. Ostrava, 2012. Doktorská práce.

## Seznam použitých tabulek:

- [1] Ostravské vodárny a kanalizace. *Ostravské vodárny a kanalizace* [online]. s. 17 [cit. 2013-03-21].
- [2] *Kanalizační řád*. Ostrava, 2009. Dostupné z: [http://www.ovak.cz/files\\_for\\_web/dok\\_kanalrad-2-1.pdf](http://www.ovak.cz/files_for_web/dok_kanalrad-2-1.pdf)
- [3] Ostravské vodárny a kanalizace. *Ostravské vodárny a kanalizace* [online]. s. 17 [cit. 2013-03-21].
- [4] *Atlas podnebí Česka*. Olomouc: UP Olomouc, 2007. ISBN 978-80-86690-261.
- [5] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *STOKOVÁNÍ A ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD*. Brno: CERM, 2003. ISBN 80-214-2535-0.
- [6] Tzbinfo. *Kvalita šedých vod a možnost jejich využití* [online]. 2011 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
- [7] DOHÁNYOS Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD*. Praha: VŠCHT, 2011. ISBN 978-80-7080-316-5.  
DOHÁNYOS Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD*. Praha: VŠCHT, 2011. ISBN 978-80-7080-316-5.
- [8] DOHÁNYOS Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD*. Praha: VŠCHT, 2011. ISBN 978-80-7080-316-5.  
DOHÁNYOS Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD*. Praha: VŠCHT, 2011. ISBN 978-80-7080-316-5.

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Mapa distribuce odtoku rozpuštěných látek během sněhové kalamity- duben 2013 (nepublikovaný výsledek Raclavská et al.)</i>	3
<i>Obrázek 2: Úniky hlášené za ČOV Brno a Ostrava 2011</i>	20
<i>Obrázek 3: Mapa odběrových míst Ostravy [3]</i>	22
<i>Obrázek 4: Median chromu na Ostravských sběračích</i>	24
<i>Obrázek 5: Median arsénu na Ostravských sběračích</i>	26
<i>Obrázek 6: Median kadmia na Ostravských sběračích</i>	28
<i>Obrázek 7: Median manganu na Ostravských sběračích</i>	30
<i>Obrázek 8: Median mědi na Ostravských sběračích</i>	32
<i>Obrázek 9: Median niklu na Ostravských sběračích</i>	34
<i>Obrázek 10: Median olova na Ostravských sběračích</i>	36
<i>Obrázek 11: Median zinku na Ostravských sběračích</i>	38
<i>Obrázek 12: Median železa na Ostravských sběračích</i>	40
<i>Obrázek 13 : Korelace chromu a niklu</i>	42
<i>Obrázek 14: Korelace chromu a zinku</i>	42

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Informace o kanalizační síti OVAK, a.s. [1]</i> .....	4
<i>Tabulka 2: Přípustné limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace pro veřejnou potřebu Ostrava [2]</i> .....	7
<i>Tabulka 3: Přípustné limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace pro veřejnou potřebu Přerov [2]</i> .....	8
<i>Tabulka 4: Přípustné limity znečištění vod vypouštěných do kanalizace pro veřejnou potřebu Brno [2]</i> .....	9
<i>Tabulka 5: Mírně teplá oblast MT10 [5]</i> .....	11
<i>Tabulka 6: Hydrochemické složení splaškových vod [6]</i> .....	12
<i>Tabulka 7: Množství látek ve splaškových vodách produkované obyvatelem za den [7]</i> .....	14
<i>Tabulka 8: Množství látek produkované jedním obyvatelem za den a odpovídající hodnoty BSK5 jako ukazatele znečištění [8]</i> .....	14
<i>Tabulka 9: Úniky kovů do vod při vypouštění vyčištěných odpadních vod do recipientu za rok 2011 [9]</i> .....	18
<i>Tabulka 10: Přehled hlášených úniků za jednotlivé ČOV v roce 2011</i> .....	19
<i>Tabulka 11: Chrom v ostravských sběračích</i> .....	23
<i>Tabulka 12: Arsen v ostravských sběračích</i> .....	25
<i>Tabulka 13: Kadmium v ostravských sběračích</i> .....	27
<i>Tabulka 14: Mangan v ostravských sběračích</i> .....	29
<i>Tabulka 15: Měď v ostravských sběračích</i> .....	31
<i>Tabulka 16: Nikl v ostravských sběračích</i> .....	33
<i>Tabulka 17: Olovo v ostravských sběračích</i> .....	35
<i>Tabulka 18: Zinek v Ostravských sběračích</i> .....	37
<i>Tabulka 19: Železo v Ostravských sběračích</i> .....	39
<i>Tabulka 20: Median koncentrace kovů v kanalizační síti (mg/l)</i> .....	41